Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada

Sciences des écosystèmes et des océans | Ecosystems and Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)

Document de recherche 2018/046

Région du Golfe

Évaluation du stock de crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) dans le sud du golfe du Saint-Laurent (zones 12, 19, 12E et 12F) en 2017

M. Hébert, T. Surette, E. Wade, J.-F. Landry, et M. Moriyasu

Pêches et Océans Canada
Direction des Sciences, Région du Golfe
C. P. 5030
Moncton, Nouveau-Brunswick
E1C 9B6

Septembre 2018

Canada

Avant-propos

La présente série documente les fondements scientifiques des évaluations des ressources et des écosystèmes aquatiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

Publié par :

Pêches et Océans Canada
Secrétariat canadien de consultation scientifique
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/
csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2018
ISSN 2292-4272

La présente publication doit être citée comme suit :

Hébert, M., Surette, T., Wade, E., Landry, J.-F., et Moriyasu, M. 2018. Évaluation du stock de crabe des neiges (Chionoecetes opilio) dans le sud du golfe du Saint-Laurent (zones 12, 19, 12E et 12F) en 2017. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2018/046. iv + 49 p.

Also available in English:

Hébert, M., Surette, T., Wade, E., Landry, J.-F., and Moriyasu, M. 2018. The 2017 assessment of the snow crab (Chionoecetes opilio) stock in the southern Gulf of St. Lawrence (Areas 12, 19, 12E and 12F). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2018/046. iv + 47 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ IV
1.0. INTRODUCTION 1
2.0. APERÇU DE LA BIOLOGIE DU CRABE DES NEIGES 2
3.0. MÉTHODES 3
3.1. ESTIMATION DE LA BIOMASSE DU RELEVÉ AU CHALUT 3
3.1.1. Relevé au chalut en 2017 4
3.1.2. Échantillonnage biologique 5
3.1.3. Estimation de l'abondance de crabe des neiges 5
3.2. ESTIMATION DE LA MORTALITÉ ANNUELLE (Z) ET TAUX D'EXPLOITATION 6
3.3. ANALYSE DE RISQUE DES OPTIONS DE CAPTURE POUR 2018 6
3.4. INDICE DU RELEVÉ MULTI-ESPÈCE AU CHALUT DE FOND DE SEPTEMBRE 7
4.0. RÉSULTATS ET DISCUSSION 7
4.1. ESTIMATION DE LA BIOMASSE ET EXPLOITATION EN 2017 7
4.1.1. Sud du golfe 7
4.1.2. Estimation de la biomasse dans les sous-zones 8
4.1.3. Taux d'exploitation 9
4.1.4. Mortalité annuelle (Z) et différence des crabes adultes de taille commerciale 9
4.1.5. Potentiel reproducteur du stock 9
5.0. ANALYSE DE RISQUE DES OPTIONS DE CAPTURE ET PRONOSTIC 9
5.1. ANALYSE DE RISQUE DES OPTIONS DE CAPTURE POUR 2018 10
5.2. PRONOSTIC 11
5.3. RELEVÉ MULTI-ESPÈCE AU CHALUT DE FOND DE SEPTEMBRE 11
6.0. INCERTITUDES 11
6.1. CHANGEMENT AU PROTOCOLE DU RELEVÉ ET VARIABILITÉ DANS LA COMPOSITION DE LA BIOMASSE COMMERCIALE 11
6.2. CROISSANCE 12
6.3. CONSIDÉRATIONS ECOSYSTÉMIQUES 13
7.0. REMERCIEMENTS 14
8.0. RÉFÉRENCES CITÉES 14
TABLEAUX 18
FIGURES 25

RÉSUMÉ

L'évaluation de stock du crabe des neiges, *Chionoecetes opilio*, du sud du golfe du Saint-Laurent (sgSL) de 2017 est présentée (zones 12, 19 12E et 12F). Le crabe des neiges dans le sgSL est considéré comme formant une seule unité de stock aux fins d'évaluation. L'évaluation de 2017 a été effectuée selon les recommandations suite à l'examen cadre des méthodes d'évaluation du stock de crabe des neiges dans le sgSL tenu en novembre 2011. Le taux d'exploitation pour la pêche de 2017 dans le sgSL était de 44 %. Selon le relevé effectué après la pêche de 2017, la biomasse de crabes adultes de taille commerciale a été estimée à 66 021 t (intervalle de confiance de 95 %, 57 456 t à 75 495 t), une diminution de 33,4 par rapport à 2016. Le niveau de la biomasse pour la pêche de 2018, provenant du relevé de 2017, se situe dans la zone saine du cadre de l'approche de précaution. La biomasse résiduelle à partir du relevé de 2017 a été estimée à 14 759 t, une diminution de 40,7 % par rapport à 2016. Soixante-dix-huit pourcent (78 %) de la biomasse du relevé de 2017 exploitable pour la pêche de 2018 est composée de nouvelles recrues (51 262 t). Le recrutement à la biomasse commerciale estimé à partir du relevé de 2017 a diminué de 31,0 % par rapport à 2016. La prédiction du recrutement des mâles adultes de taille commerciale pour la saison de pêche de 2019 a été estimée à 47 700 t (33 800 – 64 880 t). Une analyse de risque sur les options de captures pour la saison de pêche de 2018 est fournie.

1.0. INTRODUCTION

Le crabe des neiges, *Chionoecetes opilio*, est commercialement exploité dans le sud du golfe du Saint-Laurent (sgSL) depuis le milieu des années 1960. Jusqu'en 1994, la pêche dans la zone 12 (fig. 1) était exploitée par 130 pêcheurs semi-hauturiers provenant du Nouveau-Brunswick, Québec et de la Nouvelle-Écosse. En 1997, la zone côtière de l'Île-du-Prince-Édouard (IPÉ), formellement appelées zones 25/26, a été intégrée à la zone 12. En 2003, une partie de la pêche côtière du Cap-Breton (formellement appelée zone 18) a aussi été intégrée à la zone 12 et la partie nord de la zone 18 a été désignée comme une zone de tampon (zone interdite de pêche au crabe des neiges, étiquetée C dans la figure 1). Pour le besoin de cette évaluation, la zone 12 fait référence à cette nouvelle unité de gestion (fig. 1). En 1978, la zone 19 (fig. 1) a été établie comme une zone de gestion de pêche exclusive aux pêcheurs côtiers du Cap-Breton avec des bateaux d'une longueur inférieure à 13,7 m (45 pieds). Les zones de gestion 12E et 12F ont été établies en 1995 comme zones de pêches exploratoires. Une zone tampon de deux milles nautiques a été créée entre la zone 12F et la zone adjacente 19 en 1996, étiquetée B dans la fig. 1. En 2002, le statu des zones de pêche 12E et 12F a été changé de zones exploratoires à des zones de gestion de pêche commerciale.

Il y a quatre zones de pêche individuelle (zones 12, 19, 12E et 12F) (fig. 1) parmi lesquelles la zone 12 délimite la plus grande pêcherie en terme de débarquements, d'habitat convenable et du nombre de participants. Il n'y a aucune base biologique pour la délimitation des quatre zones de gestion du crabe des neiges dans le sgSL (Chiasson et Hébert 1990; Hébert et al. 2008; MPO 2009). Les crabes provenant de ces zones de gestion font partie d'une plus grande population biologique et le sgSL est considéré comme une unité pour les fins d'évaluation (Hébert et al. 2008).

La gestion de ces pêches est basée sur des quotas (par zone de gestion et distribués parmi les détenteurs de permis) et des contrôles de l'effort (nombre de permis, allocation de casiers, la dimension des casiers, et les saisons).

Dans les zones 12, 12E et 12F, la saison de pêche débute généralement en avril-mai aussitôt que le sgSL est libre de glace et se termine à la fermeture de la saison de pêche en mi-juillet ou avant lorsque le quota est atteint. Dans la zone 19, la pêche débute en juillet et se termine à la mi-septembre ou lorsque le quota est atteint. L'exploitation des femelles est interdite. Seuls les mâles à carapace dure, dont la taille minimale légale est de 95 mm de largeur de carapace (LC), sont exploités commercialement. Différentes limites de casiers sont assujetties à chaque permis dépendamment du groupe de pêcheurs ou de la zone de pêche.

De nouvelles mesures de gestion ont été adoptées en 1990 suite à la fermeture prématurée de la pêche de la zone 12 en 1989 en raison d'un déclin rapide des taux de capture, associé avec une incidence élevée de mâles à carapace molle dans les captures. Une des mesures utilisées consiste à fixer une allocation totale des captures (ATC) ou quota selon une certaine proportion de la biomasse de crabes mâles adultes > 95 mm LC, estimée à partir du relevé au chalut. Une autre stratégie de gestion est d'éviter de capturer des mâles à carapace molle afin de maximiser le rendement et le potentiel reproducteur en fermant des parties de la zone de pêche basées sur le pourcentage de crabe mou ou de crabe blanc.

L'évaluation suit les recommandations issues de l'examen cadre des méthodes d'évaluation du stock de crabe des neiges dans le sgSL qui a eu lieu le 21-25 novembre 2011 (MPO 2012a).

Ce document présente l'évaluation et les estimés de biomasse sur l'état de la pêcherie du crabe des neiges dans le sgSL en 2018 (zones 12, 19, 12E et 12F). Les estimations de la biomasse et les caractéristiques de la population par stade de vie sont dérivées à partir d'un relevé au chalut

effectué après la saison de la pêche et qui couvre l'habitat du crabe des neiges. Une analyse de risque des options de capture pour la pêche de 2018 est aussi présentée.

2.0. APERÇU DE LA BIOLOGIE DU CRABE DES NEIGES

Dans le sgSL, la mue du crabe des neiges a lieu en décembre à avril, avant le début de la saison de pêche (Watson 1972; Conan et al. 1988; Sainte-Marie et al. 1995; Benhalima et al. 1998; Hébert et al. 2002). Le crabe mue normalement annuellement jusqu'à ce qu'il atteigne la phase adulte par une mue terminale (Conan et Comeau 1986). Les mâles atteignent la phase adulte à des tailles variant entre 40 et 150 mm LC et les femelles entre 30 et 95 mm LC (Conan et Comeau 1986). L'estimé de la longévité des crabes mâles adultes (après avoir atteint la mue terminale) est entre 5 (Sainte-Marie et al. 1995) et 8 ans (Fonseca et al. 2008).

Contrairement aux femelles immatures, les femelles pubères (adolescentes) ont un abdomen plus large et des gonades orange complètement développées en automne. Ces femelles entreprendront une mue terminale entre décembre et avril afin de devenir des femelles nullipares ayant un abdomen élargi et des ovaires matures. Généralement, elles vont s'accoupler et produire des œufs fertilisés pour la première fois, immédiatement après la mue alors que leur carapace est encore molle et deviendront des femelles primipares (Watson 1969; Moriyasu et Conan 1988). Les femelles multipares désignent les femelles qui pondent pour la deuxième fois ou plus, dont la période de reproduction a lieu entre la fin mai et début juin après l'éclosion des œufs (Conan et Comeau 1986; Moriyasu et Conan 1988; Sainte-Marie et Hazel 1992; Moriyasu et Comeau 1996; Sainte-Marie et al. 1999). Dans le sgSL, les femelles matures portent normalement leurs œufs pendant 2 ans sous leur abdomen (Mallet et al. 1993; Moriyasu et Lanteigne 1998), alors que quelques femelles suivent un cycle de reproduction de un an dans la Baie Sainte-Marguerite (Sainte-Marie et al. 1995). Cependant, Khun and Choi (2011) ont rapporté qu'au-dessus de 80% des femelles matures ont été estimés à suivre un cycle de reproduction de 1 an sur le plateau néo-écossais.

Les femelles matures, soient les primipares et multipares, peuvent aussi produire plus qu'une portée d'œufs viables à partir des spermes emmagasinés dans leurs spermathèques lors du premier accouplement sans d'autre accouplement subséquent (Sainte-Marie et Carrière 1995). Cependant, la probabilité qu'une seule reproduction est suffisante pour fertiliser une production d'œufs durant toute la vie d'une femelle a été démontrée comme peu probable (Rondeau et Sainte-Marie 2001). La reproduction après le relâchement des œufs semble être la règle générale pour le crabe des neiges dans le sgSL (Conan et al. 1988).

Après la mue, le crabe possède une carapace molle dont le corps est rempli d'eau. Le crabe adulte mâle à carapace molle prend environ 8-10 mois avant que sa carapace devienne dure (Hébert et al. 2002) et un an pour atteindre un rendement en chair maximal (Dufour et al. 1997). Les crabes adultes mâles à carapace molle sont incapables de se reproduire durant la période de la postmue mais deviennent prêts à participer à la reproduction l'année suivante avec les femelles nullipares en février et avec les femelles multipares en mai-juin (Conan et al. 1988; Moriyasu et al. 1988). Les crabes mâles adultes de taille commerciale avec une carapace molle représentent le recrutement annuel à la pêcherie puisqu'ils deviendront commercialisables la saison de pêche suivante (Conan et Comeau 1986; Sainte-Marie et al. 1995; Comeau et al. 1998; Hébert et al. 2002). La terminologie décrite par Sainte-Marie et al. (1995) pour la maturité morphométrique est utilisée dans ce rapport: les «crabes adolescents» et les «crabes adultes» représentent les crabes morphométriquement immatures et matures (Conan et Comeau 1986), respectivement.

3.0. MÉTHODES

3.1. ESTIMATION DE LA BIOMASSE DU RELEVÉ AU CHALUT

Il y a eu des changements progressifs au niveau du plan d'échantillonnage et des protocoles dans le relevé au chalut dans le sgSL depuis le début en 1988. Originairement, la région d'étude du relevé a été divisée en utilisant des quadrilatères de 10 minutes latitude par 10 minutes longitude. Une ou deux stations d'échantillonnage ont été alors choisies au hasard et utilisées comme stations fixes lors des années subséquentes du relevé. Initialement, la région d'étude du relevé couvrait seulement la zone 12 mais s'est étendue pour couvrir la zone 19 en 1990. La zone 12 a été échantillonnée après la saison de pêche (juillet à octobre) à chaque année (à l'exception de 1996 où il n'y a pas eu de relevé) et la zone 19 a été échantillonnée avant la pêche de 1990 à 1992 et après la pêche à partir de 1993 (Moriyasu et al. 2008).

En 1997, la couverture du relevé au chalut s'est étendue pour couvrir les nouvelles zones de gestion 12E et 12F. De nouvelles stations ont été ajoutées au hasard à l'intérieur des quadrilatères à mesure que le polygone du relevé s'étendait ou si des régions ont été ciblées pour des échantillonnages plus intensifs afin de réduire la variance de l'estimé. Tous les détails sur ces changements dans le plan d'échantillonnage du relevé sont décrits par Moriyasu et al. (2008).

Le plan d'échantillonnage du relevé au chalut de 2006 à 2011 a été modifié selon les recommandations de l'Atelier de Travail sur l'Évaluation du stock du crabe des neiges du sgSL en 2005 (MPO 2006; Moriyasu et al. 2008). Le nouveau modèle d'échantillonnage a été introduit pour obtenir une homogénéité spatiale dans l'échantillonnage du relevé. Ce plan d'échantillonnage était spatialement non biaisé en ce sens que le nombre prévu de stations dans chaque quadrilatère de 10 par 10 minutes était proportionnel à sa surface mais dans la pratique, le nombre réalisé de stations dans chaque quadrilatère était de une ou deux stations et des quadrilatères à la périphérie de la région d'étude du relevé avaient souvent aucune stations. Les stations du relevé du passé ont été retenues autant que possible, mais d'autres stations ont été supprimés ou ajoutés aux quadrilatères, tel que prescrit par la méthode d'échantillonnage (Hébert et al. 2007; Moriyasu et al. 2008).

En 2012, le plan d'échantillonnage a encore été modifié en fonction des recommandations de la revue des Sciences de l'examen sur les méthodes d'évaluation du crabe des neiges tenue en 2011 (MPO 2012a). La région d'étude du relevé a été étendue aux isobathes de 20 à 200 brasses, correspondant à la surface recouverte par les eaux avec des températures de fond < 5°C, qui comprend la vaste majorité de l'habitat favorable du crabe des neiges, soit l'unité biologique du sgSL. Afin d'améliorer d'avantage l'homogénéité spatiale, des grilles carrés au lieu de rectangulaires ont été utilisées avec des dimensions définies en fonction du nombre total de stations, ainsi chaque grille possède une seule station d'échantillonnage (MPO 2012a). Ce nouveau plan d'échantillonnage a résulté à un nouvel ensemble de stations d'échantillonnage. Le plan d'échantillonnage révisé du relevé de 2012 est présenté dans Wade et al. (2014).

En 2013, le nombre de stations a augmenté passant de 325 à 355 suivant les recommandations du comité consultatif du crabe des neiges afin d'augmenter la précision des estimations de biomasse dans les petites zones. Pour ce niveau d'intensité d'échantillonnage, la région d'étude du relevé a été partitionnée en des grilles carrées de 12,7 par 12,7 km et un nouvel ensemble de stations d'échantillonnage a été généré. Depuis 2014, le nombre de stations d'échantillonnage est demeuré à 355 et les stations d'échantillonnage réussies du relevé précédent ont été utilisées comme stations fixes. Ainsi en 2015, les 348 stations d'échantillonnage réussies du relevé de 2014 ont été utilisées comme stations fixes et un nouvel ensemble de sept stations d'échantillonnage (les deux stations d'échantillonnage qui ont

été abandonnées et les cinq stations d'échantillonnage qui ont été effectuée à l'extérieur de leur grille assignée en 2014) a été généré aléatoirement. En 2016, les 347 stations d'échantillonnage réussies du relevé de 2015 ont été utilisées comme stations fixes en 2016 et un nouvel ensemble de huit stations d'échantillonnage (les deux stations d'échantillonnage qui ont été abandonnées et les six stations d'échantillonnage qui ont été effectuée à l'extérieur de leur grille assignée en 2015) a été généré aléatoirement.

3.1.1. Relevé au chalut en 2017

En 2017, le nombre de stations d'échantillonnage est demeuré à 355. Les 346 stations d'échantillonnage réussies du relevé de 2016 ont été utilisées comme stations fixes en 2017 et un nouvel ensemble de neuf stations d'échantillonnage (la station d'échantillonnage qui a été abandonnée et les huit stations d'échantillonnage qui ont été effectuées à l'extérieur de leur grille assignée en 2016) a été généré aléatoirement (fig. 2).

Le relevé au chalut a été effectué après la saison de pêche entre le 9 juillet et le 21 septembre couvrant les zones 12, 19, 12E et 12F (fig. 2). Le "Jean-Mathieu", un chalutier en fer de 65 pieds ayant une puissance de moteur de 720 ch et déploiement par la poupe a été utilisé pour effectuer le relevé au chalut en 2017. Un total de 353 stations ont été réussies en 2017; deux grilles d'échantillonnage ont été abandonnées en raison de l'impossibilité de chaluter avec succès la région.

Un chalut de fond à langoustines de type Bigouden a été utilisé pour le relevé. Ce chalut a été mis au point à l'origine pour la pêche de la langoustine (*Nephrops norvegicus*) en France (ouverture de 20 m avec ralingue inférieure de 28,2 m). Le filet est fait à partir de nylon tressé de 2,5 mm de diamètre et les dimensions des mailles sont de 80 mm dans les ailes, 60 mm dans le ventre et 40 mm dans la poche (voir Moriyasu et al. 2008 pour plus de détails sur la description du chalut).

Toutes les stations ont été chalutées entre le crépuscule du matin et du soir. La longueur des câbles d'aciers déroulée est déterminée en fonction de la profondeur (trois fois la profondeur). Le début du trait, après le blocage des treuils, a été déterminé grâce à un suivi à partir des capteurs de profondeur et de hauteur du système eSonar® révisés plus-tard en utilisant les données de la sonde température-profondeur du Minilog® attachés au chalut. La durée cible des traits était de cinq minutes, à une vitesse cible de deux nœuds. L'ouverture horizontale du chalut a été recueillie à toutes les quatre secondes au moyen du capteur de distance du système eSonar®. La distance parcourue par le chalut a été mesurée à partir de la position (latitude/longitude) prise à toutes les secondes avec un système mondial de localisation différentiel (DGPS). La surface balayée pour chaque trait de chalut a été calculée en multipliant la distance parcourue et l'ouverture horizontale du chalut pendant la durée du trait.

Les traits étaient rejetés si le filet était déchiré ou que le système eSonar® ne générait aucune données utilisable pour déterminer le début du trait, ou encore la durée du trait a été inférieure à quatre minutes. Un trait de remplacement a été effectué près du point de départ original ou aux stations d'échantillonnage alternatives à l'intérieur de la grille assignée (fig. 2).

Lorsque le trait satisfait les critères du protocole du relevé mais que la qualité des signaux pour les données du système eSonar® n'étaient pas adéquates pour calculer la surface balayée du trait, la surface balayée du trait a été déterminée en utilisant la moyenne des valeurs des 10 stations environnantes.

3.1.2. Échantillonnage biologique

Les prises du chalut ont été triées sur le pont du bateau. Les crabes des neiges ont été mis de côté pour un échantillonnage détaillé. Tous les autres organismes ont été triés par espèce ou groupe d'espèce et comptés. Depuis 2010, des mesures sur la longueur individuelle de toutes les espèces de poissons ont été effectuées à 100 stations sélectionnees au hasard. L'échantillonnage sur la longueur des poissons a été basé sur un sous-échantillon d'au moins 100 individus de chaque espèce de poissons dans une station sélectionnée. Débutant en 2013, toutes les espèces ou groupe d'espèce ont été pesés.

L'information qui suit a été notée pour tous les crabes capturés: la LC, la hauteur de la pince (pour les mâles seulement) au 0,1 mm près, et la condition de la carapace (Hébert et al. 1997). Pour les femelles, la couleur (orange, orange foncé, brun ou noir) et la quantité (en pourcentages) des œufs externes chez les femelles ovigères, ainsi que la couleur (blanche, beige ou orange) des gonades chez les femelles immatures ont aussi été notées.

3.1.3. Estimation de l'abondance de crabe des neiges

L'évaluation suit les recommandations de l'examen cadre des méthodes d'évaluation du stock de crabe des neiges dans le sgSL tenu en novembre 2011(MPO 2012a).

Le polygone du krigeage (la région d'étude du relevé) possède une surface totale de 57 840 km^2 (fig. 3) partitionnés en quatre zones de gestion pour nos analyses, 48 028 km^2 pour la zone 12, 3 833 km^2 dans la zone 19, 2 443 km^2 pour la zone 12E et 2 438 km^2 pour la zone 12F. Une zone additionnelle non-assignée A (au-dessus des zones 12E et 12F, fig. 3) est maintenant incluse avec l'expansion du nouveau polygone et est située où il n'y a pas d'activité de pêche. Cette région couvre une surface de 674 km^2 alors que les zones tampons B et C (fig. 3) recouvrent une surface de 112 et 310 km^2, respectivement.

Les estimés de la biomasse du sgSL comprennent la zone non-assignée A et les zones tampons B et C (zones sans pêche) (fig. 3). Les estimés de la biomasse dans chacune des zones de gestion sont calculées excluant les zones tampons. Les estimés de la biomasse ont aussi été calculées dans chaque zones tampons (B et C) ainsi que pour la zone non-assignée (A).

Le modèle actuel, le krigeage avec dérive externe (KDE) en utilisant la profondeur comme variable secondaire, est adéquat pour estimer la biomasse de crabe des neiges (MPO 2012a).

Un variogramme global basé sur une moyenne de trois ans a été calculé puisqu'il est considéré comme une méthode plus stable pour la modélisation de l'auto-corrélation entre les points échantillonnés (Wade et al. 2014).

La série d'estimation de biomasses de 1997 à 2017 a été considérée comme une série homogène pour le polygone agrandit de 57 840 km^2 pour les besoins de l'évaluation de stock, le développement des points de référence et de fournir l'avis sur les options de capture.

Les données ont été analysées en utilisant la boîte d'outils MATLAB (MPOGEOS), développée par l'École Polytechnique de Montréal, qui incorpore toutes les fonctions requises pour effectuer une analyse géostatistique complète (Wade et al. 2014).

La biomasse a été estimée en utilisant le KDE basé sur le poids de chaque crabe adulte de taille commerciale (Wade et al. 2014) estimé selon une relation taille-poids.

$$P = (2{,}665 \times 10^{-4})\ LC^{3{,}098}$$

Où P est le poids en grammes et LC est la largeur de la carapace en mm (Hébert et al. 1992).

Les biomasses totales ont été estimées pour les catégories de crabes mâles suivantes :

- les mâles adultes de taille commerciale ≥ 95 mm LC pour toutes les conditions de carapace,
- les mâles adultes de taille commerciale ≥ 95 mm LC avec conditions de carapace 1 et 2 au moment du relevé qui représentent le recrutement annuel à la pêcherie (appelés R-1), et
- les mâles adultes ≥ 95 mm LC avec conditions de carapace 3, 4 et 5 (carapace dure) au moment du relevé, qui représentent la biomasse résiduelle ou restante après la pêche.

Les indices d'abondance des prérecrues (R-4, R-3 et R-2) au moment du relevé ont été utilisés pour prédire le recrutement à la pêcherie pour les quatre prochaines années. Les termes R-4, R-3 et R-2 désignent les crabes mâles adolescents dont la LC varie de 56-68 mm, 69-83 mm et supérieure à 83 mm, respectivement et qui seront vraisemblablement recrutés à la pêcherie dans quatre, trois et deux ans, respectivement. Les augmentations de taille à la mue des prérecrues R-4, R-3 et R-2 ont été basées sur un modèle de croissance des crabes des neiges mâles adolescents (Hébert et al. 2002).

L'abondance des mâles adolescents du stade VIII avec une LC entre 34 et 44 mm a aussi été estimée comme un indice du recrutement à long-terme. Au moins six ans sont nécessaires pour qu'un mâle adolescent du stade VIII atteigne la taille commerciale de 95 mm LC. De plus, les indices d'abondance des femelles pubères, primipares et multipares ont été estimés.

3.2. ESTIMATION DE LA MORTALITÉ ANNUELLE (Z) ET TAUX D'EXPLOITATION

Le taux de mortalité annuelle (Z) des crabes mâles adultes de taille commerciale a été calculé à partir des estimés d'abondance dérivées à partir du relevé au chalut.

$$Z = -Ln\left(N_t^{3,4,5} / N_{t-1}^{1,2,3,4,5}\right)$$

avec $N_{t-1}^{1,2,3,4,5}$ l'abondance des crabes mâles adultes de taille commerciale avec conditions de carapace 1 à 5 après la pêche de l'année $t-1$ et, $N_t^{3,4,5}$ l'abondance des crabes mâles adultes de taille commerciale avec conditions de carapace 3, 4 et 5 après la pêche de l'année t. La proportion annuelle correspondante de la perte est donnée par $1 - exp^{-Z}$.

Le taux d'exploitation (*TE*) a été calculé comme étant le ratio des débarquements (t) de la pêche à l'année t, ($C_t^{3,4,5}$) et la biomasse commerciale ($B_{t-1}^{1,2,3,4,5}$) estimée à l'année précédente $t-1$.

$$TE = C_t^{3,4,5} / B_{t-1}^{1,2,3,4,5}$$

Ce taux d'exploitation ne tient pas compte de la mortalité naturelle avant et durant la pêche.

3.3. ANALYSE DE RISQUE DES OPTIONS DE CAPTURE POUR 2018

Le modèle Bayésien décrit par Surette et Wade (2006) et Wade et al. (2014) a été utilisé pour prédire la biomasse du recrutement à la pêcherie (R-1) à partir des abondances des prérecrues R-4, R-3 et R-2 pour le sgSL à partir du relevé au chalut, pour faire une projection dans trois, deux et une année dans le futur, respectivement. Le modèle incluait les incertitudes comme les erreurs d'observation.

3.4. INDICE DU RELEVÉ MULTI-ESPÈCE AU CHALUT DE FOND DE SEPTEMBRE

Un second indice indépendant à la pêche a été calculé en utilisant les données du relevé multi-espèce de septembre de 2001 à 2017, selon la méthode présentée par Benoît et Cadigan (2013). Ce relevé suit un plan d'échantillonnage aléatoire stratifié et couvre la même région d'étude que celle du relevé au crabe des neiges. Malgré que la capturabilité du chalut "Western IIA" utilisé au relevé de septembre est beaucoup moins efficace pour capturer le crabe des neiges que celui utilisé dans le relevé au crabe des neiges, il a été montré que l'indice provenant du relevé de septembre suit généralement les mêmes tendances pour les crabes adultes de taille commerciale, quoique l'incertitude associée avec les estimations est plus grande étant donnée l'intensité plus faible d'échantillonnage.

Il y a quelques différences analytiques mineures amenées à cette présente mise à jour en respect à l'analyse précédente. Une correction mineure a été apportée dans les coefficients de la relation taille-poids avec l'exposant de l'équation allométrique passant de 3,089 à 3,098, comme reporté dans l'article source (Hébert et al. 2002). De plus, la relation taille-poids spécifique au crabe des neiges immature, aussi reporté dans Hébert et al. (2002), a été appliquée à la composante immature plutôt que la relation des crabes adultes utilisée précédemment. Ces changements ont résulté à des corrections mineures dans l'échelle des analyses présentées en 2016, mais comme indice de biomasse, les changements dans l'échelle ne change pas l'interprétation des résultats, qui demeure des tendances observées.

4.0. RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1. ESTIMATION DE LA BIOMASSE ET EXPLOITATION EN 2017

4.1.1. Sud du golfe

4.1.1.1 Variogramme

Le variogramme moyenné sur trois ans pour les mâles adultes de taille commerciale en 2017 a donné un effet de pépite de 2,08 x 10^6, un seuil se situant à 2,07 x 10^6 et une portée de 63,6 km (fig. 4). Le variogramme annuel pour 2017 indiquait un effet de pépite de 2,36 x 10^6, un seuil de 2,36 x 10^6 et une portée de 0 km (fig. 5).

4.1.1.2 Estimé de la biomasse

La biomasse commerciale de 2017, estimé à partir du krigeage, a été de 66 021 t (intervalles de confiance (I.C.) de 95% variant de 57 456 à 75 495 t), une diminution de 33,4% par rapport à 2016 qui était de 99 145 t (87 749 à 111 600 t) (tableau 1). Le recrutement à la pêcherie au moment du relevé de 2017 a été estimé à 51 262 t (44 154 à 59 352 t), une diminution de 31,0% par rapport à l'estimé de 2016 qui était de 74 269 t (66 381 à 82 807 t) et représente 77.6% de la biomasse commerciale (tableau 1). La biomasse résiduelle en 2017 (mâles adultes de taille commerciale avec conditions de carapace 3, 4 et 5) a été estimée à 14 759 t (12 209 à 17 683 t), une diminution de 40,7% comparativement à l'estimé de 2016 qui était de 24 876 t (21 369 à 28 793 t) (tableau 1).

En 2017, les concentrations locales des crabes de taille commerciale ont été observées au banc Bradelle, dans la baie des Chaleurs, dans la partie sud du canal des Iles-de-la-Madeleine et dans la partie sud-est du sgSL (fig. 6).

Par condition de carapace dans le relevé de 2017, les crabes de taille commerciale étaient composés de 76,2% de recrutement à la pêcherie (conditions de carapace 1 et 2) et 23,8% de biomasse résiduelle (conditions de carapace 3, 4 et 5), (tableau 2). Pour les autres séparations

par condition de carapace, la biomasse résiduelle est composée de 18,3% de crabes de taille commerciale de condition de carapace 3, 5,1% de crabes avec condition de carapace 4 et 0,4% de crabes avec condition de carapace 5 (tableau 2). Ceci suggère que la composition des crabes mâles de taille commerciale en 2017 est jeune et il n'y a pas de signes de vieillissement de la population à ce moment-ci. Un suivi de la composition des prises à partir des échantillonnages des observateurs en mer et des données du relevé au chalut est nécessaire pour suivre le vieillissement de la population des mâles de taille commerciale dans les prochaines années.

Une comparaison entre la prédiction du recrutement à la pêcherie pour 2018 (46 200 t; I.C. de 95% de 31 400 à 64 230 t) selon le modèle Bayésien et la biomasse du recrutement observée à partir du relevé de 2017 (51 262 t; 44 154 à 59 352 t) indique le recrutement estimé pour la pêche de 2018 est à l'intérieur des limites de la gamme des intervalles de crédibilité (95%) de la valeur prédite (tableau 3; fig. 7). La relation entre l'abondance des prérecrues R-2 à l'année *t* et du recrutement à la pêcherie à l'année *t + 1* est présentée à la figure 8. Un nombre de facteurs peut contribuer à la variabilité dans cette relation incluant la variabilité de la mortalité des prises accidentelles, de la mortalité naturelle, dans le processus de la mue des prérecrues (sauts de mue, mue à la phase adolescente ou à la phase adulte) et à des erreurs d'échantillonnage. Depuis 1997, la proportion de sauts de mue plus grand de 83 mm de LC a varié de 3,9% en 1997 à 61,0% en 2004 tout comme leur abondance (fig. 9). En 2017, la proportion des crabes sauts de mue plus grand de 83 mm de LC a été de 33,7% alors qu'il était de 53,0% en 2015 (fig. 9). D'autres études sont nécessaires afin de mieux prédire l'arrivée et la croissance des crabes sauts de mue dans la population.

4.1.2. Estimation de la biomasse dans les sous-zones

4.1.2.1. Zone 12

Le relevé au chalut de 2017 a révélé une biomasse commerciale dans la zone 12 de 54 739 t (47 253 à 63 068 t) (tableau 4). Cet estimé correspond à 83,7% de la somme des biomasses estimées dans les quatre zones de gestion.

4.1.2.2. Zone 19

Le relevé au chalut post-saison de 2017 a révélé une biomasse commerciale de 5 340 t (3 838 à 7 238 t) (tableau 4). Cet estimé correspond à 8,2% de la somme des biomasses estimées dans les quatre zones de gestion.

4.1.2.3. Zones 12E et 12F

Les zones 12E et 12F se situent sur les marges de l'habitat du crabe des neiges dans le sgSL et contiennent peu de stations d'échantillonnage et ont en conséquence, des estimés de biomasse incertaines avec des intervalles de confiance larges.

La biomasse commerciale du relevé de 2017 dans la zone 12E a été estimée à 637 t (101 à 2 173 t) (tableau 4). Cet estimé correspond à 1,0% de la somme des biomasses estimées dans les quatre zones de gestion.

Dans la zone 12F, la biomasse commerciale du relevé de 2017 a été estimée à 4 657 t (3 449 à 6 152 t) (tableau 4). Cet estimé correspond à 7,1% de la somme des biomasses estimées dans les quatre zones de gestion.

4.1.2.4. Zones tampons et la zone non-assignée

Les estimés de la biomasse commerciale dans les zones tampons et dans la zone non-assignée ont des intervalles de confiance très larges étant donné le nombre peu élevé de stations à l'intérieur de ces petites zones.

La biomasse commerciale dans la zone non-assignée A au-dessus de la zone 12E et 12F (fig. 3) était de 142 t (7 à 714 t) (tableau 4). La biomasse commerciale dans la zone tampon B (zone tampon de largeur de 2 milles nautique) adjacent à la zone 19 et 12F (fig. 3) a été estimée à 142 t (74 à 246 t) (tableau 4). La biomasse commerciale dans la zone tampon C (zone tampon de 5 milles nautiques) située au sud de la zone 19 (fig. 3) était de 395 t (186 à 740 t) (tableau 4).

La somme des estimés de la biomasse commerciale dans les zones de gestion et des zones tampons et la zone non-assignée en 2017 était de 66 052 t, très près de l'estimé de la biomasse commerciale du sgSL, 66 021 t (tableau 4).

4.1.3. Taux d'exploitation

Le taux d'exploitation en 2017 était de 44,0% (tableau 5; fig. 10). Les taux d'exploitation ont varié entre 20,8% et 45% de 1998 à 2017.

4.1.4. Mortalité annuelle (Z) et différence des crabes adultes de taille commerciale

Le taux de mortalité annuelle (Z), exprimée en proportion des crabes mâles adultes de taille commerciale dans le sgSL a été estimée à 85,1% en 2017 et a varié entre 45,8% et 82,5% entre 1997 et 2016, excepté pour 2011 alors qu'elle a été estimée à 5,6% (fig. 10).

Sur la série temporelle (1997 à 2017), la biomasse commerciale d'après le relevé au chalut était en moyenne 29,4% plus grande que la somme de la biomasse résiduelle et des débarquements de l'année suivante (fig. 11). La différence entre la biomasse commerciale à partir du relevé de 2016 et la somme de la biomasse résiduelle et les débarquements en 2017 a été de 41,1% (fig. 11). Cette différence (appelée la mortalité non-reliée à la pêche) peut être attribuée à un nombre de facteurs, notamment une mauvaise attribution dans la catégorisation du recrutement et de la biomasse résiduelle, une variabilité dans les estimations du relevé, la mortalité naturelle, la mortalité accidentelle liée aux prises accessoires, les débarquements non déclarés et à l'immigration ou l'émigration des crabes.

4.1.5. Potentiel reproducteur du stock

L'abondance de tous les mâles adultes a augmenté de 1997 à 1999, a demeuré stable jusqu'en 2004 et a diminué graduellement jusqu'en 2009 (fig. 12). De 2010 à 2017, l'abondance de tous les mâles adultes a augmenté à des niveaux comparables à ceux de la période de 1999-2005 (fig. 12). L'abondance des femelles matures (primipares et multipares) en 2017 est demeurée élevée par rapport aux faibles valeurs observées entre 2006 et 2009 (fig. 13). Sur la série chronologique, la taille moyenne annuelle des femelles matures a varié entre 57,4 mm en 1999 et 61,7 mm LC en 2005 (fig. 14). La taille moyenne a été de 57,4 mm LC en 2017 (fig. 14).

5.0. ANALYSE DE RISQUE DES OPTIONS DE CAPTURE ET PRONOSTIC

Dans le cadre décisionnel pour les pêches intégrant l'approche de précaution (MPO 2009), le niveau de référence limite pour la biomasse (B_{lim}) établit la ligne de démarcation entre la zone critique et la zone de prudence, et le niveau de référence supérieur pour le stock (B_{NRS}) établit la ligne de démarcation entre la zone de prudence et la zone saine sur l'axe de l'état d'un stock.

Le niveau de référence limite pour le taux d'exploitation (F_{lim}) définit le taux d'exploitation maximum dans la zone saine. Les points de référence conforment à l'approche de précaution ont été développés en 2010 pour l'unité biologique du crabe des neiges du sgSL (MPO 2010a). Le changement dans la méthodologie selon les recommandations de la revue des Sciences de l'examen sur les méthodes d'évaluation du crabe des neiges en 2011 a nécessité de recalculer les estimés de biomasse de la série chronologique et des points de référence de l'Approche de précaution (MPO 2012b).

Le point de référence révisé du B_{NRS} est de 41 400 t de mâles adultes de taille commerciale de toutes conditions de carapace, ce qui représente 80% de la biomasse de rendement maximal durable (BRMD) avec un estimation provisoire de B_{RMD} choisi correspondant à 50% de la biomasse commerciale maximale pour la période de 1997 à 2008 (tableau 5; fig. 15). La valeur révisée de B_{lim} est de 10 000 t (tableau 5; fig. 15). Le B_{lim} a été choisi comme étant la plus basse biomasse des mâles adultes de taille commerciale à carapace dure qui a été observée en 2000 (biomasse résiduelle estimée à partir du relevé) (MPO 2010a). Le F_{lim} révisé a été établi à 34,6% (tableau 5; fig. 15), qui est le taux d'exploitation annuel moyen calculé en divisant les débarquements (poids) à l'année *t+1* par la biomasse des mâles adultes de taille commerciale à partir du relevé au chalut post-saison à l'année *t* pour la période de 1997 à 2008 (MPO 2010a).

5.1. ANALYSE DE RISQUE DES OPTIONS DE CAPTURE POUR 2018

L'estimation de la biomasse commerciale dans le sgSL disponible pour la pêche de 2018 est de 66 021 t (57 456 à 75 495 t, tableau 1), qui se situe dans la zone de santé du cadre de l'approche de précaution (fig. 15).

Le recrutement prévu des crabes adultes de taille commerciale dans la pêche de 2018 basé selon le modèle Bayésien sur les prérecrues (Surette et Wade, 2006; Wade et al. 2014) en utilisant les données du relevé de 2017 est de 47 700 t (33 800 à 64 880 t), (tableau 3; fig. 16).

Des règles de décision pour la pêche conformes à l'AP ont été développées (MPO 2014). Ces règles de décision conformes à l'AP comprennent des règles pour lesquelles le taux d'exploitation dépasse le F_{lim} lorsque le stock est dans la zone saine (MPO 2014). Le comité consultatif du crabe des neiges s'est mis d'accord sur la règle de décision proportionnelle (variante 4 dans MPO 2014, fig. 17) afin de déterminer le taux d'exploitation et le TAC en se basant sur l'estimation de la biomasse provenant du relevé du crabe des neiges du sud du golfe. Cette règle de décision et l'estimation de la biomasse commerciale correspondante de 66 021 t provenant du relevé de 2017 résulte à un taux d'exploitation sélectionné de 38,3% correspondant à un TAC de 25 286 t pour la pêche de 2018 (fig. 17).

Une analyse de risques a été effectuée pour le TAC issu de la règle de décision et pour divers niveaux de capture en 2018 (tableau 6, fig. 18). L'analyse de risques indique que le TAC issu de la règle de décision va conduire à près de 100% de chances que la biomasse de la prochaine année soit au-dessus du B_{NRS} et soit dans la zone saine de l'AP (tableau 6, fig. 18). L'analyse de risques fournit aussi les prédictions de la biomasse commerciale au relevé de 2018 en assumant que le niveau de capture correspondant est pris en 2018. À la valeur de TAC de 25 286 t issue de la règle de décision pour la pêche de 2018, la biomasse commerciale prédite au relevé effectué après la pêche de 2018 et pour la pêche de 2019 est de 69 780 t, avec intervalle de confiance de 95 % de 55 110 t à 84 030 t (tableau 6), une augmentation comparativement à celle du relevé de 2017. Une analyse de risque de différentes options de capture par rapport aux objectifs de gestion pour la pêche de 2018 est résumée au tableau 6.

Un nombre de facteurs peut contribuer à la variabilité dans le taux de recrutement des prérecrues jusqu'au stade des mâles adultes de taille commerciale incluant la mortalité des prises accidentelles non-reportées, les incertitudes en raison de l'échantillonnage, la mortalité

naturelle et des variations dans le processus de la mue des prérecrues (sauts de mue, mue à la phase adolescente ou à la phase adulte) spécialement si les phénomènes de densité-dépendance se produisent. De plus, dans ces projections sur deux ans de la biomasse commerciale, nous utilisons un taux de survie projeté de 0,71, qui est une moyenne mobile de cinq ans. Dans le passé, le taux de survie a varié considérablement d'une année à l'autre ce qui affecte directement les projections de la biomasse commerciale.

5.2. PRONOSTIC

Le recrutement à la pêche et la biomasse commerciale (en tenant compte de l'application de la règle de décision à un taux d'exploitation de 38,3% lors de la pêche de 2018) sont prévus d'être 47 700 t (33 800 à 64 880 t, tableau 3) et 69 780 t (55 110 à 84 030 t, tableau 6), respectivement pour la pêche de 2019. Une petite vague de petits mâles adolescents de LC entre 15 et 32 mm a été observée dans le relevé de 2017 (fig. 19). L'abondance des mâles avec une LC entre 34 et 44 mm en 2017, qui seront de taille commerciale dans 6 ans, est demeurée au même niveau qu'en 2016 (fig. 20). L'abondance des prérecrues ≥ 56 mm LC (R-4, R-3, R-2) est demeurée élevée en 2017 (tableau 3). La surface occupée par les prérecrues ≥ 56 mm LC en 2017 a été surtout observés dans la baie des Chaleurs, le banc Bradelle et la partie sud-est du sgSL (fig. 21).

L'abondance des femelles immatures et pubères a augmenté de 2001 à 2012, a diminué en 2013 et 2014 et a augmenté depuis 2014 (figs. 13 et 22). Cette augmentation des femelles pubères observée dans le relevé de 2017 suggère que l'abondance des femelles matures pourrait augmenter dans les prochaines années. L'abondance des femelles matures est demeurée élevée en 2017 par rapport aux faibles valeurs observées entre 2006 et 2009 (figs. 13 et 22).

5.3. RELEVÉ MULTI-ESPÈCE AU CHALUT DE FOND DE SEPTEMBRE

L'indice du relevé multi-espèce au chalut de fond de septembre montre des tendances généralement semblables de la biomasse (à l'intérieur des marges de précisions des estimations des relevés) des crabes adultes de taille commerciale entre 2001 et 2017 (fig. 23), tout comme les estimations de biomasses commerciales provenant du relevé dédié au crabe des neiges (fig. 11). L'indice du relevé multi-espèce au chalut de fond de septembre confirme une diminution de la biomasse commerciale de crabe des neiges mâles adultes de taille commerciale en 2017 (fig. 23), semblable à ce qui a été estimé dans le relevé sur le crabe des neiges (fig. 11).

6.0. INCERTITUDES

6.1. CHANGEMENT AU PROTOCOLE DU RELEVÉ ET VARIABILITÉ DANS LA COMPOSITION DE LA BIOMASSE COMMERCIALE

Un certain nombre de modifications aux protocoles du relevé ont affaibli l'hypothèse d'homogénéité de la série temporelle de la biomasse.

Quatre différents bateaux ont été utilisés pour effectuer le relevé au chalut : le "Emy-Serge" (1988 à 1998), un chalutier en bois de 65 pieds ayant une puissance de moteur de 375 ch avec déploiement sur le côté, le "Den C. Martin" (1999 à 2002), un chalutier en acier de 65 pieds avec une puissance de moteur de 402 ch et déploiement par la poupe, le "Marco-Michel" (2003 à 2012), un chalutier en fibre de verre de 65 pieds ayant une puissance de moteur de 660 ch et déploiement par la poupe et le "Jean-Mathieu" en 2013, un chalutier en acier de 65 pieds avec une puissance de 720 ch et déploiement par la poupe. Les traits individuels ont été normalisés

selon la surface balayée par le chalut à l'aide des données provenant des capteurs acoustique de suivi du chalut (Moriyasu et al. 2008). Cependant d'autres facteurs peuvent contribuer à la variabilité dans la capturabilité entre les bateaux, mais aucune étude comparative n'a été effectuée. Une comparaison statistique préliminaire entre les données du relevé du crabe des neiges et celui du relevé multi-espèces de septembre suggère que les bateaux ont différentes capturabilités pouvant altérer notre perception de la dynamique des stocks (Benoît et Cadigan 2013). Des travaux sont en cours pour raffiner les estimations de la capturabilté relative des bateaux.

Le polygone de krigeage ou la région d'étude sur laquelle l'abondance ou la biomasse est estimée a augmenté au cours des années. La différence entre la région d'étude du relevé, c'est-à-dire celle sur lesquelles des traits d'échantillonnage au chalut sont extraites, et le dernier polygone de krigeage est plus prononcée lorsque nous remontons dans le temps. Donc, il y a plus d'extrapolation et de biais potentiels pour ces années antérieures.

Un examen cadre des méthodes d'évaluation du stock de crabe des neiges tenu en novembre 2011 a adressé ces préoccupations tout comme sur les changements au plan d'échantillonnage du relevé. Suite à cette revue, il a été conclu que la série temporelle de biomasse commerciale depuis 1997 était suffisamment cohérente pour les besoins de l'évaluation de l'état du stock de crabe des neiges et fournir des avis pour la pêche. Des travaux supplémentaires sont nécessaires pour déterminer si la série temporelle d'estimations de biomasse pour les années 1989 à 1996, pour laquelle la couverture du relevé était moins grande que celle effectuée depuis 1997, pourrait servir pour les besoins de l'évaluation.

6.2. CROISSANCE

Le recrutement à la pêche chez le crabe des neiges est très variable d'une année à l'autre (Comeau et Conan 1992; Sainte-Marie et al. 1995; Comeau et al. 1998; Moriyasu et al. 1998) et dépend des conditions environnementales, la prédation et des niveaux de population. Dans les stocks de crabe des neiges du sgSL, la biomasse des crabes mâles adultes de taille commerciale semble fluctuer par des périodes de l'arrivée d'une grande abondance de recrutement pendant trois à quatre ans, suivi d'un creux dans le recrutement sur une période de trois à quatre ans (Sainte-Marie et al. 1995; Comeau et al. 1998; Moriyasu et al. 1998). Puisque la mue chez les crabes mâles adolescents atteint un sommet en janvier pour les adolescents sauts de mue et en mars pour les adolescents de mue normale, la plupart des crabes en postmue sont potentiellement capturable par les casiers commerciaux aussitôt que la pêche commence (généralement à la mi-avril). Les crabes à carapace molle sont présents dans les prises commerciales d'avril jusqu'à août dans le sgSL (Hébert et al. 2002).

Le mécanisme responsable pour la mue terminale des adolescents. Conan et al. (1988), et Comeau et al. (1998) ont émis l'hypothèse que la mue pour la phase terminale, pour un groupe d'une taille donnée, pourrait être provoquée par des facteurs reliés à la densité plutôt qu'à des caractères génétiques. Waiwood et Elner (1982) ont émis l'hypothèse que le retrait des vieux crabes de grande taille aurait permis à la population du crabe des neiges de quitter une phase de "croissance stagnante" pour une phase de croissance élevée. Comeau et al. (1998) suggèrent qu'une forte abondance des crabes mâles adultes de grande taille dans la population encouragerait les adolescents à muer à une phase adolescente de plus grande taille au lieu de muer pour la phase terminale. En contrepartie, ceci pourrait également provoquer une inhibition de la croissance qui occasionnerait une augmentation de l'abondance des crabes sauts de mue dans la population. Le relevé annuel au chalut effectué depuis 1988 a révélé un taux élevé des crabes sauts de mue (jusqu'à 50-60% lors des années de grandes abondances) chez les adolescents mâles plus grand que 50 mm de LC. Ce taux élevé pourrait suggérer un effet relié à la densité sur la synchronisation de la mue des crabes adolescents mâles de grande taille.

Dawe et al. (2012) ont montré que la fréquence de mue chez les crabs sauts de mue est fortement et directement corrélée à la largeur de carapace (i.e. largeur plus grande que 50 mm LC), et celle-ci est aussi inversement corrélée à la température de l'eau. La prédiction à une taille donnée des crabs mâles appartenant à la population du futur recrutement (R-2, R-3 et R-4) est difficile, ce qui augmente les incertitudes sur les prédictions et les abondances du recrutement à la pêcherie. Le taux de crabes sauts de mue pourrait être le facteur déclencheur pouvant influencer l'ampleur et l'arrivée du recrutement à la pêcherie.

6.3. CONSIDÉRATIONS ECOSYSTÉMIQUES

Des facteurs environnementaux, comme la température de l'eau, peuvent influer sur la mue et la dynamique de reproduction ainsi que sur les déplacements du crabe des neiges. Les températures de fond pour la plus grande partie du sgSL ont typiquement été entre -1 et 3°C, ce qui a été considéré comme étant un habitat thermique approprié pour le crabe des neiges (Chassé et Pettipas 2009). Les températures de fond dans les zones 12E et 12F sont plus élevées (1 à 5°C) que celles dans la zone 12 (-1 à 2°C). Les températures de fond dans la zone 19 sont typiquement de 1 à 2°C plus élevées que celles observées dans les pêcheries traditionnelles du crabe des neiges de la zone 12 (Chassé et Pettipas 2009).

En septembre 2017, les températures près du fond se trouvaient près de la valeur moyenne pour la période de 1981 à 2010 dans la majeure partie de la portion centrale de la zone 12, et dans la zone 19 (fig. 24). Toutefois, les eaux de fond dans les zones 12E et 12F et la partie nord-ouest du sud du golfe du Saint-Laurent (chenaux reliant la pente du chenal Laurentien au plateau madelinien) ont été plus chaudes que la normale. Les eaux du fond dans la partie ouest de la baie des Chaleurs ont été plus chaudes que la moyenne (fig. 24). Il y a une bande d'eaux de fond plus froide que la normale dans la partie sud-ouest de la zone 12 qui s'étendait de l'Ile de Miscou vers les entrées est et ouest du détroit de Northumberland, y compris la baie St. Georges (fig. 24). La plupart des lieux de pêche au crabe des neiges affichaient des températures semblables en 2017, par rapport à 2016, à l'exception de la zone autour de l'IPE, de l'embouchure de la baie des Chaleurs et une petite zone au sud de la vallée de Shediac avaient des eaux de fond sensiblement plus chaudes en 2017 qu'en 2016 (fig. 24).

L'indice de l'habitat thermique (la zone du fond couvert par des températures d'eau entre -1 et 3°C) dans le sud du golfe était de 4 % au-dessus de la moyenne de 1981 à 2010 en 2017 et a augmenté de 5% par rapport à 2016 et de 10% par rapport à 2015 (fig. 25). En 2017, la température moyenne près du fond (0,9 °C) à l'intérieur de l'indice de l'habitat du crabe des neiges (-1 à 3°C) a diminué d'environ 0,1°C par rapport à 2016 (1,0 °C). La température moyenne près du fond a été la plus élevée de la série chronologique des 45 dernières années en 2012, a diminué en 2013 et 2014, et elle demeure, depuis, légèrement au-dessus de la moyenne à long-terme (fig. 25).

Le crabe des neiges est une espèce sténothermique qui a une préférence pour les températures d'eau plus froides. Un changement de régime de température du froid vers le chaud peut avoir des impacts sur la dynamique de population du crabe des neiges tels que des cycles reproductifs raccourcis, une fécondité par individu accrue, une taille à la maturité accrue, une mortalité naturelle plus grande, une contraction spatiale de son habitat, et un ratio sexuel biaisé pour la reproduction. En outre, le résultat du changement climatique peut être relativement brusque et même nuisible, et les effets peuvent être difficiles à prédire (Sainte-Marie et al. 2008).

7.0. REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient J. Chassé (MPO, Région du Golfe) et B. Pettipas (MPO, Région des Maritimes) pour les informations sur les conditions océanographiques en 2017 et aussi S. Boudreau (MPO, Région du Golfe), R. Rochette (université du Nouveau-Brunswick, Fredericton) et D. Mullowney (MPO, Région de Terre-Neuve et Labrador) pour leur contribution au document. Les auteurs aimeraient aussi remercier P. DeGrâce, R. Vienneau, R. Allain, et R. Cormier pour leur assistance dans la collecte, l'entrée et la vérification des données.

8.0. RÉFÉRENCES CITÉES

Benhalima, K., Moriyasu, M., and Hébert, M. 1998. A technique for identifying the early-premolt stage in the male snow crab, *Chionoecetes opilio*, (Brachyura: Majidae) in Baie des Chaleurs, southern Gulf of St. Lawrence. Can. J. Zool. 76: 609-617.

Benoît, H.P., and Cadigan, N. 2013. Model-based estimation of commercial- sized snow crab (*Chionoecetes opilio*) abundance in the southern Gulf of St. Lawrence, 1980-2012, using data from two bottom trawl surveys. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/114.

Chassé, J., and Pettipas, R.G. 2009. Temperature Conditions in the southern Gulf of St. Lawrence during 2008 relevant to snow crab. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2009/087.

Chiasson, Y., and Hébert, M. 1990. Literature review on stock delimitation pertaining to the Western Cape Breton Island snow crab (*Chionoecetes opilio*) and advice on a spring fishery in Area 18. DFO Can. Atl. Fish. Stock Assess. Comm. Res. Doc. 90/65.

Comeau, M., and Conan, G.Y. 1992. Morphometry and gonad maturity of male snow crab, *Chionoecetes opilio*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 2460-2468.

Comeau, M., Conan, G.Y., Maynou, F., Robichaud, G., Therriault, J.-C., and Starr, M. 1998. Growth, spatial distribution, and abundance of benthic stages of the snow crab (*Chionoecetes opilio*) in Bonne Bay, Newfoundland, Canada. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 55: 262-279.

Conan, G.Y., and Comeau, M. 1986. Functional maturity of male snow crab, (*Chionoecetes opilio*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 1710-1719.

Conan, G.Y., Moriyasu, M., Comeau, M., Mallet, P., Cormier, R., Chiasson, Y., and Chiasson, H. 1988. Growth and maturation of snow crab (*Chionoecetes opilio*), p. 45-66. In G.S. Jamieson and W.D. McKone (eds.). Proceedings of the international workshop on snow crab biology, December 8-10, 1987, Montréal Québec. Can. Manus. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2005.

Dawe E., Mullowney D., Moriyasu M., and Wade E. 2012. Effects of temperature on size-at-terminal molt and molting frequency in snow crab *Chionoecetes opilio* from two Canadian Atlantic ecosystems. Mar. Ecol. Prog. Ser. 469: 279-296.

Dufour, R., Bernier, D., and Brêthes, J.-C. 1997. Optimization of meat yield and mortality during snow crab (*Chionoecetes opilio*, O. Fabricius) fishing operations in Eastern Canada. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2152.

Fonseca, D.B., Sainte-Marie, B., and Hazel, F. 2008. Longetivity and change in shell condition of adult male snow crab, *Chionoecetes opilio*, inferred from dactyl wear and mark-recapture data. Trans. Amer. Fish. Soc., 137 :4, 1029-1043.

Hébert, M., Gallant, C., Chiasson, Y., Mallet, P., DeGrâce, P., et Moriyasu, M. 1992. Le suivi du pourcentage de crabes mous dans les prises commerciales de crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) dans le sud-ouest du golfe du Saint-Laurent (zone 12) en 1990 et 1991. Rapp. Tech. Can. Sci. Halieut. Aquat. 1886.

Hébert, M., Wade, E., DeGrâce, P., Biron, M., et Moriyasu, M. 1997. Évaluation de 1996 du stock de crabe des neiges (Chionoecetes opilio) dans le sud du golfe du Saint-Laurent (zones 12, 18, 19, 25/26, et zones E et F). Secr. can. pour l'évaluation des stocks du MPO. Doc. de rech. 1997/086.

Hébert, M., Benhalima, K., Miron, G., and Moriyasu, M. 2002. Molting and growth of male snow crab, *Chionoecetes opilio*, (O. Fabricius, 1788) (Crustacea: Majidae) in the southern Gulf of St. Lawrence. Crustaceana 75: 671-702.

Hébert, M., Wade, E., Surette, T., DeGrâce, P., et Moriyasu, M. 2007. Évaluation de stock de crabe des neiges, Chionoecetes opilio, dans le sud du golfe du Saint-Laurent (zones 12, 19, E et F) en 2006. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2007/028.

Hébert, M., Wade, E., DeGrâce, P., Bélanger, P., et Moriyasu, M. 2008. Évaluation de stock de crabe des neiges, *Chionoecetes opilio*, dans le sud du golfe du Saint-Laurent (zones 12, 19, E et F) en 2007. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2008/040.

Hébert, M., Wade, E., Biron, M., DeGrâce, P., Landry, J.-F., et Moriyasu, M. 2012. Évaluation du stock de crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) dans le sud du golfe du Saint-Laurent (zones 12, 19, 12E et 12F) en 2011. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2012/080.

Kuhn P.S., and Choi, J.S. 2011. Influence of temperature on embryo developmental cycles and mortality of female *Chionoecetes opilio* (snow crab) on the Scotian Shelf, Canada. Fish. Res. 107: 245-252.

Mallet, P., Conan, G.Y., and Moriyasu, M. 1993. Periodicity of spawning and duration of incubation time for *Chionoecetes opilio*, in the Gulf of St. Lawrence. ICES CM/1993: K:26.

Moriyasu, M., and Conan, G.Y. 1988. Aquarium observation on mating behaviour of snow crab, *Chionoecetes opilio*. ICES C. M., 1988/K: 9.

Moriyasu, M., Conan, G.Y., Mallet, P. Chiasson, Y.J., and Chiasson, H. 1988. Growth at molt, molting season and mating of snow crab, *Chionoecetes opilio*, in relation to functional and morphometric maturity. ICES CM/1987 K:21.

Moriyasu, M., and Comeau, M. 1996. Grasping behavior of male snow crab, (*Chionoecetes opilio* O. Fabricius, 1788, Decapoda, Majidae). Crustaceana 69: 211-222.

Moriyasu, M., and Lanteigne, C. 1998. Embryo development and reproductive cycle in the snow crab, *Chionoecetes opilio* (Crustacea: Majidae), in the southern Gulf of St. Lawrence, Canada. Can. J. Zool. 76: 2040-2048.

Moriyasu, M., Wade, E., Sinclair, A., and Chiasson, Y. 1998. Snow crab, *Chionoecetes opilio*, stock assessment in the southwestern Gulf of St. Lawrence by bottom trawl survey. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 125:29-40.

Moriyasu, M., Wade, E., Hébert, M., and Biron, M. 2008. Review of the survey and analytical protocols used for estimating abundance indices of southern Gulf of St. Lawrence snow crab from 1988 to 2006. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2008/069.

MPO. 2006. Compte rendu de l'atelier sur le cadre d'évaluation du crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent (zones 12, E, F et 19), Processus consultatif régional du Golfe; du 11 au 14 octobre 2005. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Compte rendu. 2006/042.

MPO. 2009. Un cadre décisionnel pour les pêches intégrant l'approche de précaution.

MPO. 2010. Points de référence conformes à l'approche de précaution pour le crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2010/014.

MPO. 2011. Évaluation du crabe des neiges de la Nouvelle-Écosse (4VWX). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2011/045.

MPO. 2012a. Compte rendu de la réunion portant sur l'examen cadre des méthodes d'évaluation du stock de crabe des neiges dans le sud du gofle du Saint-Laurent ; du 21 au 25 novembre 2011. Secr. can. de. consult. sci. du MPO, Compte rendu 2012/23.

MPO. 2012b. Points de référence révisés tenant compte des changements de la surface d'estimation de l'unité biologique du crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2012/002.

MPO. 2014. Évaluation des règles de décision pour la pêche au crabe des neiges dans le sud du golfe du Saint-Laurent pour leur conformité au cadre de l'approche de précaution. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2014/007.

Rondeau, A., and Sainte-Marie, B. 2001. Variable mate-guarding time and sperm allocation by male snow crab, *Chionoecetes opilio*, in response to sexual competition, and their impact on the mating success of females. Biol. Bull. 201: 204-217.

Sainte-Marie, B., and Hazel, F. 1992. Moulting and mating of snow crabs, *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius), in shallow waters of the northwestern Gulf of Saint Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 1282-1293.

Sainte-Marie, B., and Carrière, C. 1995. Fertilization of the second clutch of eggs of snow crab, *Chionoecetes opilio*, from females mated once or twice after their molt to maturity. Fish. Bull. 93: 759-764.

Sainte-Marie, B., Raymond, S., and Brêthes, J.-C. 1995. Growth and maturation of the benthic stages of male snow crab, *Chionoecetes opilio* (Brachyura: Majidae). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52: 903-924.

Sainte-Marie, B., Urbani, N., Sévigny, J.-M., Hazel, F., and Kuhnlein, U. 1999. Multiple choice criteria and the dynamics of assortative mating during the first breeding season of female snow crab *Chionoecetes opilio* (Brachyura, Majidae). Mar. Ecol. Prog. Ser. 181: 141-153.

Sainte-Marie, B., Gosselin, T., Sévigny, J.-M., and Urbani, N. 2008. The snow crab mating system: opportunity for natural and unnatural selection in a changing environment. Bull. Mar. Sci. 83: 131-161.

Stoner, A.W., Rose, C.S., Munk, J. E., Hammond, C.F. and Davis M.W. 2008. An assessment of discard mortality for two Alaskan crab species, Tanner crab (*Chionoecetes bairdi*) and snow crab (*C. opilio*), based on reflex impairment. Fish. Bull. 106: 337-347.

Surette, T., and Wade, E. 2006. Bayesian serial linear regression models for forecasting the short-term abundance of commercial snow crab (*Chionoecetes opilio*). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2672.

Surette, T., Marcotte, D., and Wade, E. 2007. Predicting snow crab (*Chionoecetes opilio*) abundance using kriging with external drift with depth as a covariate. DFO Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2763.

Wade, E., Moriyasu, M., and Hébert, M. 2014. Methods and models used in the 2012 assessment of the snow crab (*Chionoecetes opilio*), stock in the southern Gulf of St-Lawrence.DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/113.

Waiwood, K.G., and Elner, R.W. 1982. Cod predation of snow crab (*Chionoecetes opilio*) in the Gulf of St. Lawrence. In: Proceedings of the International Symposium on the genus *Chionoecetes*. p. 449-520. Lowell Wakefield Symposium Series, Alaska Sea Grant Report. 82:10. University of Alaska Fairbanks.

Watson, J. 1969. Biological investigation on the spider crab, *Chionoecetes opilio*, p. 23-47. In Proc. Meeting on Atlantic Crab Fishery Development. Can. Fish. Rep. 13.

Watson, J. 1972. Mating behavior in the spider crab, *Chionoecetes opilio*. J. Fish. Res. Board Can. 29: 447-449.

TABLEAUX

Tableau 1. Estimations de la biomasse (t, moyenne et intervalle de confiance de 95% en parenthèses) des crabes (Chionoecetes opilio) mâles adultes de taille commerciale à partir des données du relevé au chalut dans le sud du golfe du Saint-Laurent (toutes zones) par krigeage en poids, 1997 à 2017. Recrutement désigne le crabe des neiges avec conditions de carapace 1 et 2 alors que la biomasse résiduelle désigne le crabe des neiges avec conditions de carapace 3 à 5.

Année du relevé	Biomasse commerciale	Biomasse de recrutement	Biomasse résiduelle
1997	65 310 (54 801 à 77 239)	37 619 (26 376 à 52 064)	27 690 (21 995 à 34 407)
1998	57 595 (45 630 à 71 735)	29 818 (17 580 à 47 435)	27 775 (21 022 à 36 013)
1999	57 051 (47 946 à 67 376)	25 874 (15 918 à 39 818)	31 177 (25 051 à 38 346)
2000	49 823 (40 473 à 60 682)	39 845 (30 543 à 51 093)	9 977 (6 649 à 14 401)
2001	59 150 (47 740 à 72 460)	42 243 (31 198 à 55 942)	16 905 (12 657 à 22 125)
2002	79 559 (66 688 à 94 181)	66 481 (53 434 à 81 746)	13 075 (10 451 à 16 157)
2003	84 423 (71 964 à 98 410)	57 503 (44 809 à 72 679)	26 919 (21 223 à 33 674)
2004	103 429 (91 029 à 117 036)	83 702 (70 955 à 98 069)	19 726 (15 836 à 24 280)
2005	82 537 (73 487 à 92 387)	58 398 (48 417 à 69 824)	24 140 (18 726 à 30 632)
2006	74 285 (66 192 à 83 087)	54 371 (46 124 à 63 660)	19 914 (16 161 à 24 275)
2007	66 660 (60 183 à 73 638)	39 635 (33 089 à 47 092)	27 025 (23 354 à 31 106)
2008	52 564 (46 658 à 59 006)	31 555 (25 181 à 39 048)	21 010 (17 960 à 24 426)
2009	30 920 (27 237 à 34 959)	20 520 (16 848 à 24 754)	10 399 (8 560 à 12 516)
2010	35 795 (31 681 à 40 291)	20 351 (15 360 à 26 450)	15 444 (12 859 à 18 394)
2011	63 162 (55 965 à 71 022)	29 394 (20 909 à 40 190)	33 768 (28 297 à 39 985)
2012	74 997 (65 822 à 85 086)	48 969 (38 667 à 61 173)	26 028 (21 950 à 30 641)
2013	65 868 (56 283 à 76 610)	38 981 (28 969 à 51 346)	26 886 (22 909 à 31 352)
2014	67 534 (60 994 à 74 579)	43 630 (36 774 à 51 388)	23 897 (20 927 à 27 168)
2015	58 808 (52 754 à 65 466)	34 929 (31 670 à 38 429)	24 022 (20 761 à 27 647)
2016	99 145 (87 749 à 111 600)	74 269 (66 381 à 82 807)	24 876 (21 369 à 28 793)
2017	66 021 (57 456 à 75 495)	51 262 (44 154 à 59 352)	14 759 (12 209 à 17 683)

Tableau 2. Abondance (nombre en millions; moyenne et intervalle de confiance à 95%) des crabes (Chionoecetes opilio) mâles adultes de taille commerciale par condition de carapace (CC1+2, CC3, CC4 et CC5) avec 95% intervalle de confiance à partir des données du relevé au chalut dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 1997 à 2017.

Année du relevé	Condition de carapace 1+2			Condition de carapace 3			Condition de carapace 4			Condition de carapace 5		
	Moyenne	Intervalle de confiance		Moyenne	Intervalle de confiance		Moyenne	Intervalle de confiance		Moyenne	Intervalle de confiance	
1997	61,272	51,848	71,906	27,858	22,644	33,910	17,144	13,556	21,391	5,675	4,154	7,574
1998	51,738	41,550	63,665	23,956	18,874	29,986	15,711	12,041	20,150	8,891	6,220	12,327
1999	49,755	40,294	60,766	32,840	25,189	42,086	16,258	12,637	20,594	7,874	5,239	11,380
2000	67,530	51,847	86,473	10,242	5,622	17,199	7,384	4,455	11,538	2,527	1,147	4,860
2001	76,238	60,652	94,604	26,667	21,371	32,876	5,134	2,502	9,401	1,474	0,393	3,917
2002	112,785	95,089	132,807	21,605	17,356	26,578	4,318	2,646	6,664	0,893	0,411	1,701
2003	99,346	84,820	115,635	38,180	30,183	47,646	11,431	7,097	17,466	1,715	0,717	3,485
2004	138,152	120,945	157,106	28,964	23,320	35,559	9,867	7,684	12,479	1,072	0,671	1,629
2005	97,311	87,537	107,870	30,516	23,465	39,022	10,679	8,049	13,895	0,567	0,217	1,222
2006	84,216	75,183	94,027	29,830	24,513	35,955	5,725	3,991	7,961	1,030	0,552	1,762
2007	62,530	55,515	70,179	32,053	25,962	39,141	14,243	10,714	18,566	1,004	0,523	1,752
2008	51,110	44,873	57,967	23,028	18,600	28,191	11,440	8,614	14,900	3,081	1,951	4,635
2009	31,729	27,218	36,771	12,714	10,170	15,701	5,393	3,832	7,379	1,276	0,685	2,179
2010	32,854	28,548	37,624	20,628	16,819	25,040	4,223	3,236	5,417	1,567	0,925	2,490
2011	53,387	46,199	61,369	45,065	37,545	53,646	9,979	7,706	12,713	1,778	1,024	2,878
2012	86,900	72,956	102,723	38,900	32,850	45,736	5,570	4,238	7,676	1,150	0,601	2,002
2013	62,875	54,251	72,471	30,204	25,895	35,020	18,560	14,744	23,060	0,695	0,338	1,273
2014	73,141	63,594	82,687	29,788	25,261	34,315	13,134	10,268	16,000	0,658	0,180	1,136
2015	56,225	47,830	64,620	27,129	22,603	31,654	17,339	14,164	20,513	0,505	0,023	0,986
2016	126,470	110,200	144,450	31,145	25,096	38,211	15,162	12,228	18,563	0,071	0,007	0,280
2017	90,439	77,608	104,774	21,721	16,881	27,519	6,101	4,797	7,650	0,365	0,129	0,824

Tableau 3. Données servant à l'analyse de risque : estimation de l'abondance (nombre par 10^6) des crabes des neiges (Chionoecetes opilio) mâles prérecrues (R-4, R-3 et R-2), la biomasse résiduelle (t) et la biomasse commerciale (t) dans le sud du golfe du Saint-Laurent basée sur les données du relevé au chalut, les valeurs observées et prédites (à partir du modèle Bayésien) de la biomasse de recrutement (R-1), et le taux de survie (S). S est calculé sur une moyenne mobile de 5 ans.

Année du relevé	Prérecrues (millions)			Recrutement à la pêche (R - 1; t)	Recrutement projeté (R - 1 ; t)	Biomasse résiduelle (t)	Biomasse commerciale (t)	Taux de survivant (S)
	R – 4	R - 3	R - 2					
1997	114,2	92,7	57,9	37 619 (26 376 à 52 064)	nd	27 690 (21 995 à 34 407)	65 310 (54 801 à 77 239)	nd
1998	139,5	91,6	57,1	29 818 (17 580 à 47 435)	nd	27 775 (21 022 à 36 013)	57 595 (45 630 à 71 735)	nd
1999	199,7	150,9	115,0	25 874 (15 918 à 39 818)	nd	31 177 (25 051 à 38 346)	57 051 (47 946 à 67 376)	nd
2000	238,7	159,4	89,3	39 845 (30 543 à 51 093)	nd	9 977 (6 649 à 14 401)	49 823 (40 473 à 60 682)	nd
2001	313,2	229,2	135,7	42 243 (31 198 à 55 942)	nd	16 905 (12 657 à 22 125)	59 150 (47 740 à 72 460)	nd
2002	166,7	241,8	199,7	66 481 (53 434 à 81 746)	nd	13 075 (10 451 à 16 157)	79 559 (66 688 à 94 181)	nd
2003	137,8	207,1	181,4	57 503 (44 809 à 72 679)	nd	26 919 (21 223 à 33 674)	84 423 (71 964 à 98 410)	nd
2004	86,4	122,8	142,5	83 702 (70 955 à 98 069)	nd	19 726 (15 836 à 24 280)	103 429 (91 029 à 117 036)	nd
2005	63,3	79,4	117,1	58 398 (48 417 à 69 824)	60 500 (38 800 à 86 000)	24 140 (18 726 à 30 632)	82 537 (73 487 à 92 387)	nd
2006	55,0	49,8	65,3	54 371 (46 124 à 63 660)	49 700 (33 200 à 73 000)	19 914 (16 161 à 24 275)	74 285 (66 192 à 83 087)	nd
2007	57,2	47,9	56,0	39 635 (33 089 à 47 092)	35 200 (21 300 à 55 000)	27 025 (23 354 à 31 106)	66 660 (60 183 à 73 638)	nd
2008	80,4	54,3	45,8	31 555 (25 181 à 39 048)	29 000 (18 500 à 42 000)	21 010 (17 960 à 24 426)	52 564 (46 658 à 59 006)	nd
2009	89,4	69,5	43,6	20 520 (16 848 à 24 754)	27 700 (17 800 à 38 000)	10 399 (8 560 à 12 516)	30 920 (27 237 à 34 959)	nd
2010	140,4	109,1	71,8	20 351 (15 360 à 26 450)	25 900 (17 100 à 37 000)	15 444 (12 859 à 18 394)	35 795 (31 681 à 40 291)	0,65
2011	91,5	98,7	87,6	29 394 (20 909 à 40 190)	33 700 (22 900 à 47 000)	33 768 (28 297 à 39 985)	63 162 (55 965 à 71 022)	0,69
2012	96,0	86,8	80,4	48 857 (38 981 à 60 471)	40 700 (31 300 à 52 400)	26 028 (21 950 à 30 641)	74 997 (65 822 à 85 086)	0,69
2013	103,8	87,5	78,4	38 981 (28 969 à 51 346)	40 380 (31 670 à 50 380)	26 886 (22 909 à 31 352)	65 868 (56 283 à 76 610)	0,73

Année du relevé	Prérecrues (millions)			Recrutement à la pêche (R - 1; t)	Recrutement projeté (R - 1 ; t)	Biomasse résiduelle (t)	Biomasse commerciale (t)	Taux de survivant (S)
	R – 4	R - 3	R - 2					
2014	107,1	96,1	118,5	43 630 (36 774 à 51 388)	37 893 (28 568 à 49 114)	23 897 (20 927 à 27 168)	67 534 (60 994 à 74 579)	0,72
2015	107,3	126,6	127,8	34 929 (31 670 à 38 429)	42 300 (32 760 à 51 840)	24 022 (20 761 à 27 647)	58 808 (52 570 à 65 578)	0,73
2016	112,1	125,2	101,8	74 269 (66 381 à 82 807)	50 000 (36 400 à 66 900)	24 876 (21 369 à 28 793)	99 145 (87 749 à 111 600)	0,76
2017	111,7	120,9	103,4	51 262 (44 154 à 59 352)	46 200 (31 400 à 64,230)	14 759 (12 209 à 17 683)	66 021 (57 456 à 75 495)	0,73
2018	nd	nd	nd	nd	47 700 (33 800 à 64 880)	nd	nd	0,71

Tableau 4. Estimation de la biomasse commerciale (t, moyenne et intervalles de confiance de 95%) du crabe des neiges (Chionoecetes opilio) en 2017 à partir des données du relevé au chalut dans le sud du golfe en utilisant le krigeage avec dérive externe dans les zones de gestion 12, 19, 12E et 12F et les zones tampons.

Zones	Superficie de la zone (km^2)	Biomasse commerciale (t)	
		Moyenne	Intervalle de confiance à 95%
Sud du golfe	57 840	66 021	57 456 à 75 495
Zone 12	48 028	54 739	47 253 à 63 068
Zone 19	3 833	5 340	3 838 à 7 238
Zone 12E	2 443	637	101 à 2 173
Zone 12F	2 438	4 657	3 449 à 6 152
Somme des zones de gestion	56 742	65 373	nd
Zone non-assignée au-dessus de 12E (A)	674	142	7 à 714
Zone tampon 19/12F (B)	112	142	74 à 246
Zone tampon 12/19 (C)	310	395	186 à 740
Somme totale	57 838	66 052	nd

Tableau 5. Données (des relevés de 1997 à 2008, en utilisant krigage en poids) utilisées pour définir les points de référence pour la pêche du crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent et les taux d'exploitation de la pêche de 1998 à 2017..

		Sud du golfe du Saint-Laurent		
Année de la pêche	Débarquements (t)	Biomasse commerciale estimée du relevé de l'année - 1	Biomasse résiduelle estimée du relevé de l'année - 1	Taux d'exploitation (%) (débarquements de l'année t / biomasse commerciale de l'année t-1)
1998	13 575	65 310 (54 801 à 77 239)	27 690 (21 995 à 34 407)	20,8
1999	15 110	57 595 (45 630 à 71 735)	27 775 (21 022 à 36 013)	26,2
2000	18 712	57 051 (47 946 à 67 376)	31 177 (25 051 à 38 346)	32,8
2001	18 262	49 823 (40 473 à 60 682)	9 977 (6 649 à 14 401)	36,7
2002	25 691	59 150 (47 740 à 72 460)	16 905 (12 657 à 22 125)	43,4
2003	21 163	79 559 (66 688 à 94 181)	13 075 (10 451 à 16 157)	26,6
2004	31 675	84 423 (71 964 à 98 410)	26 919 (21 223 à 33 674)	37,5
2005	36 118	103 429 (91 029 à 117 036)	19 726 (15 836 à 24 280)	34,9
2006	29 121	82 537 (73 487 à 92 387)	24 140 (18 726 à 30 632)	35,3
2007	26 867	74 285 (66 192 à 83 087)	19 914 (16 161 à 24 275)	36,2
2008	24 458	66 660 (60 183 à 73 638)	27 025 (23 354 à 31 106)	36,7
2009	23 642	52 564 (46 658 à 59 006)	21 010 (17 960 à 24 426)	45,0
2010	9 549	30 920 (27 237 à 34 959)	10 399 (8 560 à 12 516)	30,9
2011	10 708	35 795 (31 681 à 40 291)	15 444 (12 859 à 18 394)	29,9
2012	21 956	63 162 (55 965 à 71 022)	33 768 (28 297 à 39 985)	34,8
2013	26 049	74 997 (65 822 à 85 086)	26 028 (21 950 à 30 641)	34,7
2014	24 479	65 868 (56 283 à 76 610)	26 886 (22 909 à 31 352)	37,1
2015	25 905	67 534 (60 994 à 74 579)	23 897 (20 927 à 27 168)	38,4
2016	21 725	58 808 (52 570 à 65 578)	24 022 (20 761 à 27 647)	36,9
2017	43 656	99 145 (87 749 à 111 600)	24 876 (21 369 à 28 793)	44,0
2018	nd	66 021 (57 456 à 75 495)	14 759 (12 209 à 17 683)	nd

Tableau 6. Analyse de risque pour la pêche du crabe des neiges (Chionoecetes opilio) dans le sud du golfe du Saint-Laurent indiquant les probabilités que la biomasse des crabes adultes de taille commerciale à carapace dure soit sous le niveau de référence limite pour la biomasse (Blim), et que la biomasse totale des mâles adultes de taille commerciale soit au-dessus du point de référence du niveau supérieur du stock (BNRS) pour divers niveaux de capture pour la saison de pêche de 2018. En caractère gras est l'option de capture (taux d'exploitation de 38,3% appliqué sur la biomasse commerciale de 66 021 t) selon la règle de décision acceptée de l'approche de précaution (variante 4, MPO 2014).

Niveaux de capture (t) en 2018	Probabilité de la biomasse des crabes adultes de taille commerciale à carapace dure soit		
	$< B_{lim}$ (10 000 t)	$\geq B_{NRS}$ (41 400 t)	Biomasse commerciale prédite pour 2019 (t)
20 000	0	1	74 770 (60 400 à 89 320)
21 000	0	1	73 770 (59 400 à 88 320)
22 000	0	1	72 770 (58 400 à 87 320)
23 000	0	1	71 770 (57 400 à 86 320)
24 000	0	1	70 770 (56 400 à 85 320)
25 286	**0**	**1**	**69 780 (55 110 à 84 030)**
26 000	0	1	68 770 (54 400 à 83 320)
27 000	0	1	67 770 (53 400 à 82 320)
28 000	0	1	66 770 (52 400 à 81 320)
29 000	0	1	65 770 (51 400 à 80 320)
30 000	0	1	64 770 (50 400 à 79 320)
31 000	0	1	63 770 (49 400 à 78 320)
32 000	0	1	62 770 (48 400 à 77 320)
33 000	0,1	1	61 770 (47 400 à 76 320)
34 000	0,2	1	60 770 (46 400 à 75 320)
35 000	0,3	1	59 770 (45 400 à 74 320)
36 000	0,4	1	58 770 (44 400 à 73 320)
37 190	0,5	1	57 580 (42 210 à 72 130)
53 420	1	0,5	41 350 (26 980 à 55 900)

FIGURES

Figure 1. Carte du sud du golfe du Saint-Laurent montrant les zones de pêche du crabe des neiges (Chionoecetes opilio), les lieux des fonds de pêche, et les zones tampons de gestion (étiquetées B et C, régions ombragées).

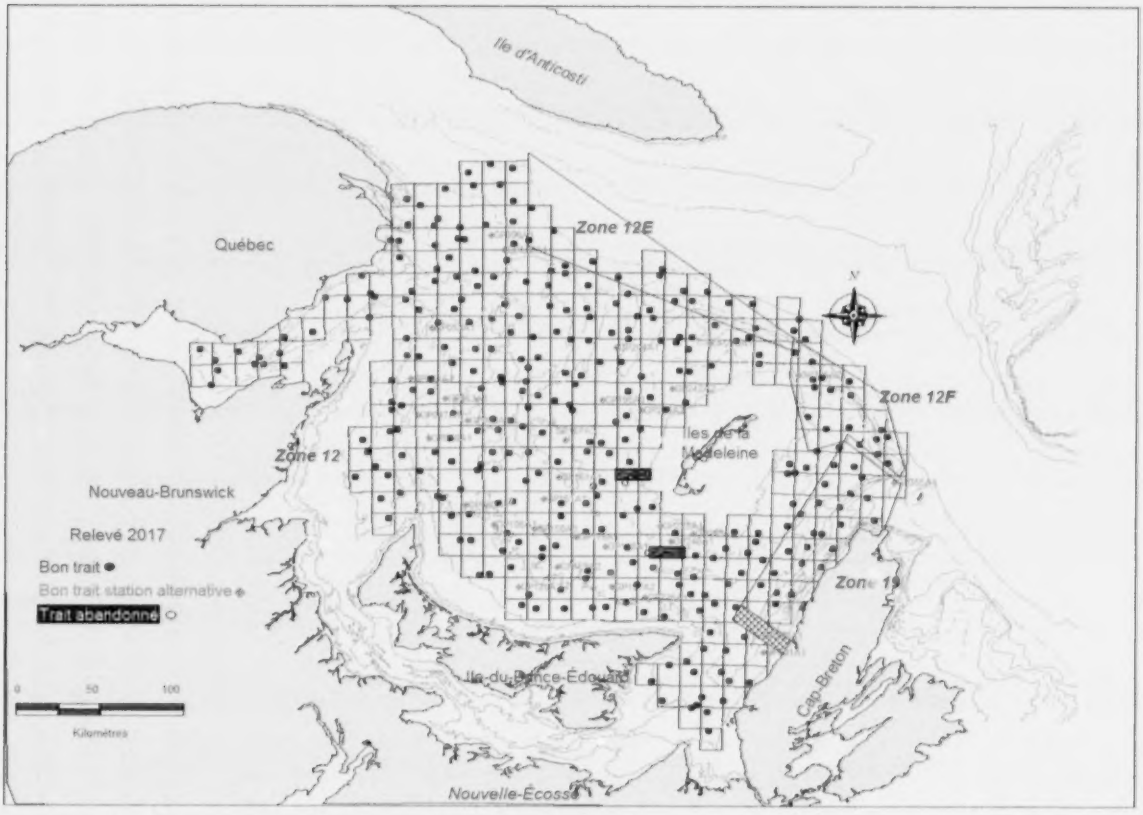

Figure 2. Positions des stations du relevé au chalut au crabe des neiges (Chionoecetes opilio) à l'intérieur du polygone d'estimation de 57 840 km^2 dans le sud du golfe du Saint-Laurent en 2017. Les points bleus sont des traits qui ont été réussis, les points rouges sont des traits qui ont été répétés et réussis et les points jaunes sont des traits qui ont été abandonnés.

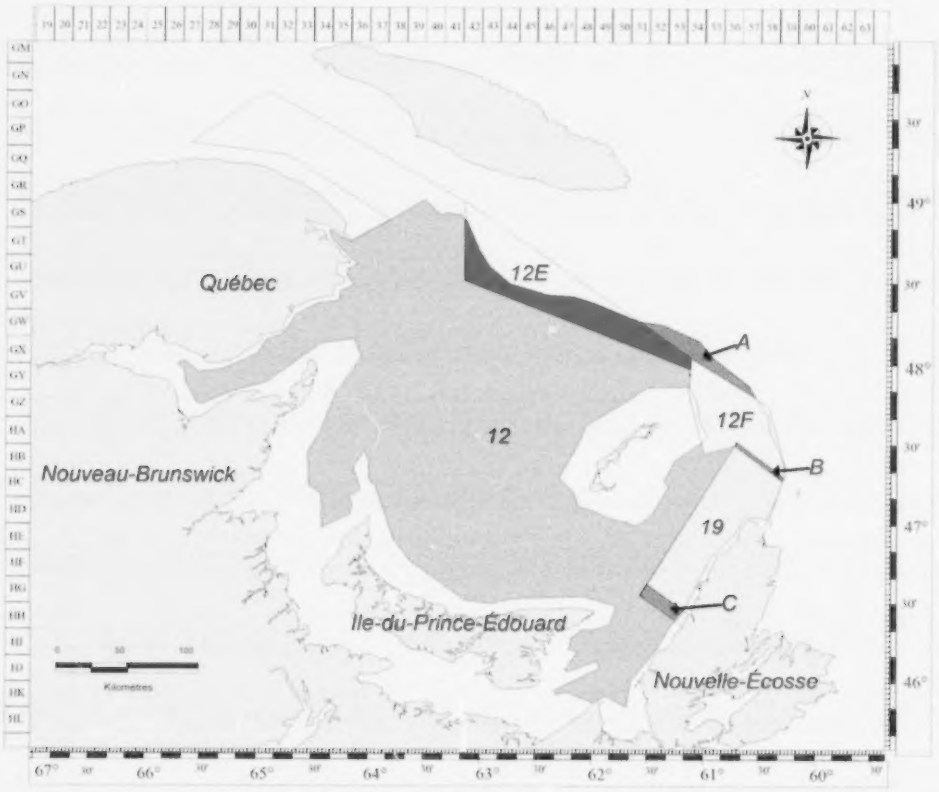

Figure 3. Le polygone d'estimation de 57 840 km^2 utilisé pour l'évaluation de stock de crabe des neiges (Chionoecetes opilio) en 2017 dans le sud du golfe du Saint-Laurent (toutes les régions colorées) et les polygones d'estimation correspondants pour les quatre zones de pêche (12, 12E, 12F et 19). La zone non-assignée au nord des zones 12E et 12F (étiquetée A) et les zones tampons (étiquetées B et C) sont aussi indiquées.

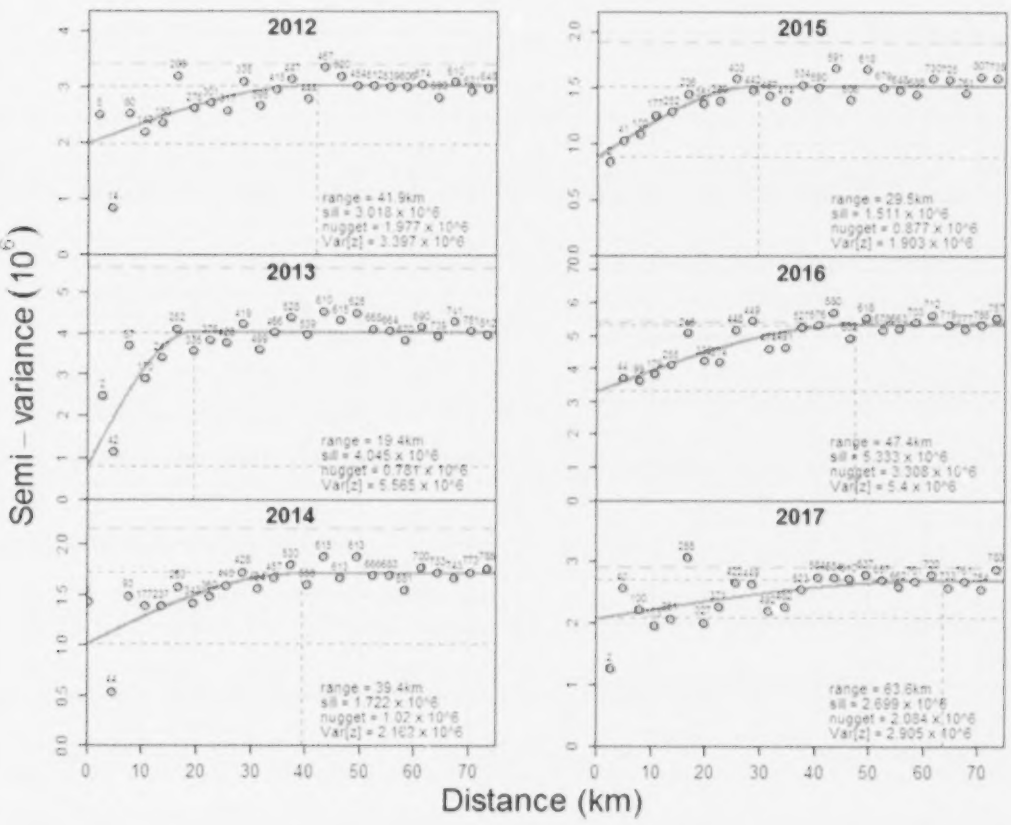

Figure 4. Modèles de variogrammes avec moyenne mobile sur trois ans pour les crabes des neiges (Chionoecetes opilio) mâles adultes de taille commerciale dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 2012 à 2017. Indiqué est le nombre de pairs d'observations utilisé dans le calcul de la semi-variance selon les distances décalées. Les lignes rouges pointillées indiquent la valeur de la portée sur l'axe de l'abscisse et les valeurs du seuil et de l'effet de pépite sur l'axe des y. La ligne verte pointillée indique la variance sur l'axe des y.

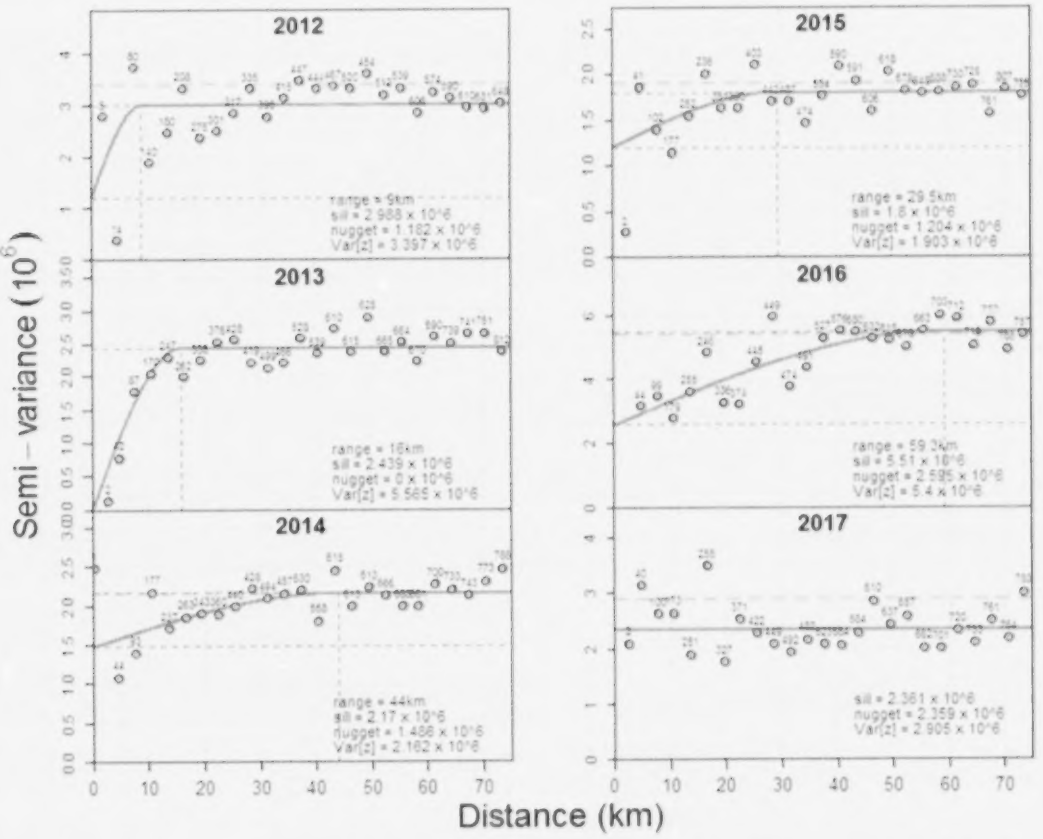

Figure 5. Modèles de variogrammes annuels pour les crabes des neiges (Chionoecetes opilio) mâles adultes de taille commerciale dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 2012 à 2017. Indiqué est le nombre de pairs d'observations utilisé dans le calcul de la semi-variance selon les distances décalées. Les lignes rouges pointillées indiquent la valeur de la portée sur l'axe de l'abscisse et les valeurs du seuil et de l'effet de pépite sur l'axe des y. La ligne verte pointillée indique la variance sur l'axe des y.

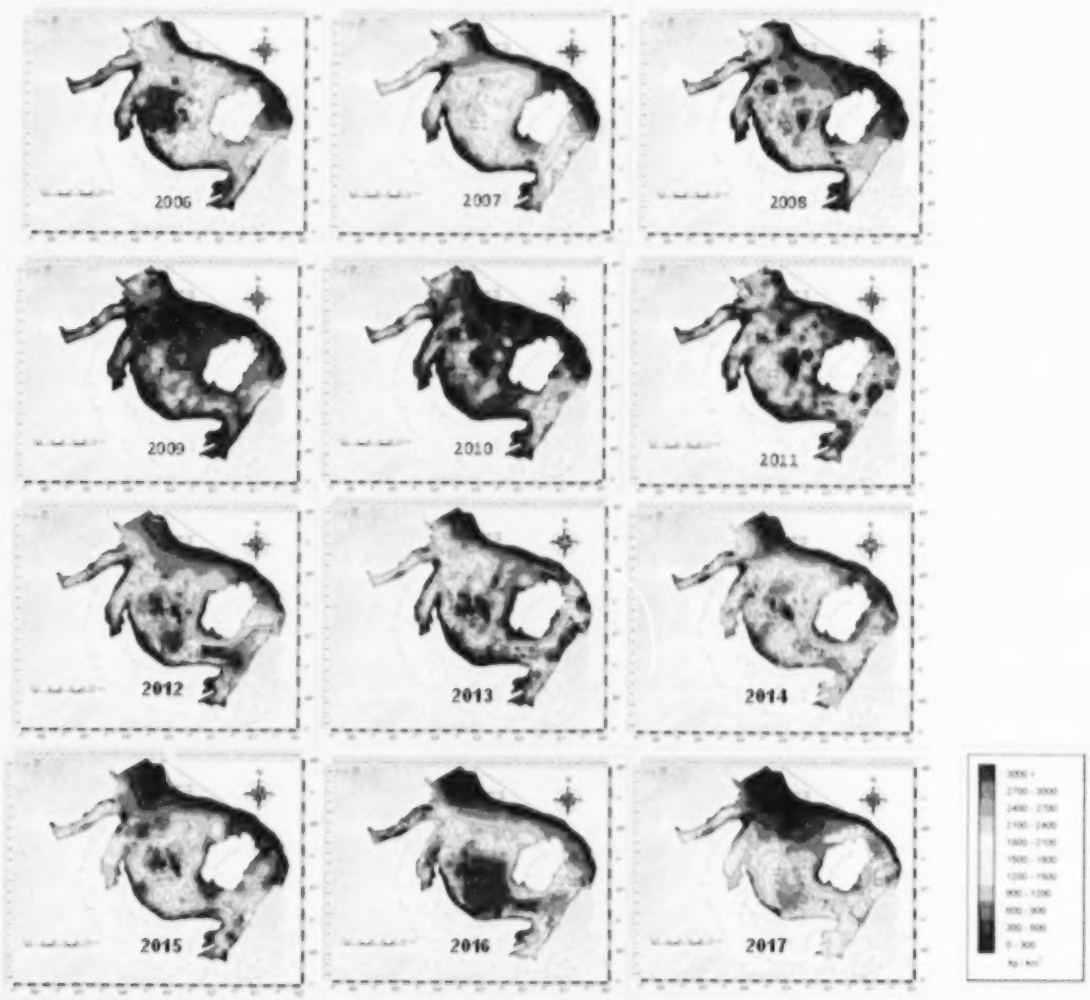

Figure 6. Contours de densités (kg par km^2) de crabes des neiges (Chionoecetes opilio) adultes mâles de taille commerciale (≥ 95 mm de largeur de carapace) à partir des données des relevés au chalut effectués dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 2006 à 2017.

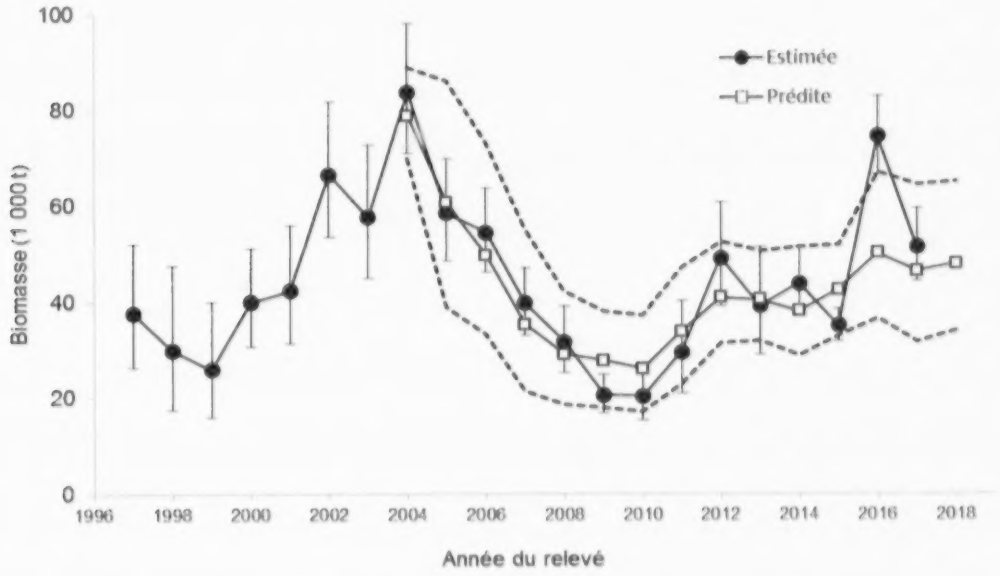

Figure 7. Comparaison entre le recrutement (R-1) observé (moyenne avec intervalle de confiance de 95%) et prédit (moyenne avec intervalle de confiance de 95%) du crabe des neiges (Chionoecetes opilio) mâle selon le modèle Bayésien en se basant sur les pré-recrues (Surette et Wade 2006 ; Wade et al. 2014).

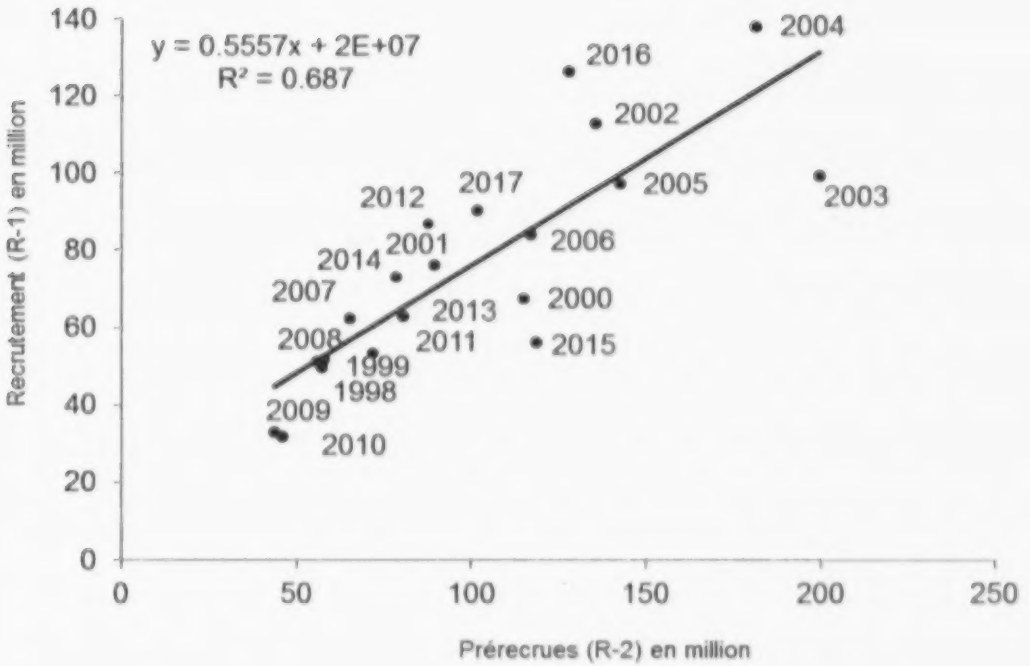

Figure 8. Relation entre l'estimé de l'abondance des prérecrues R-2 à l'année t et de l'estimé de l'abondance du recrutement à la pêcherie (R-1) à l'année t + 1 provenant des données du relevé au chalut pour l'évaluation de stock de crabe des neiges (Chionoecetes opilio) dans le sud du golfe du Saint-Laurent.

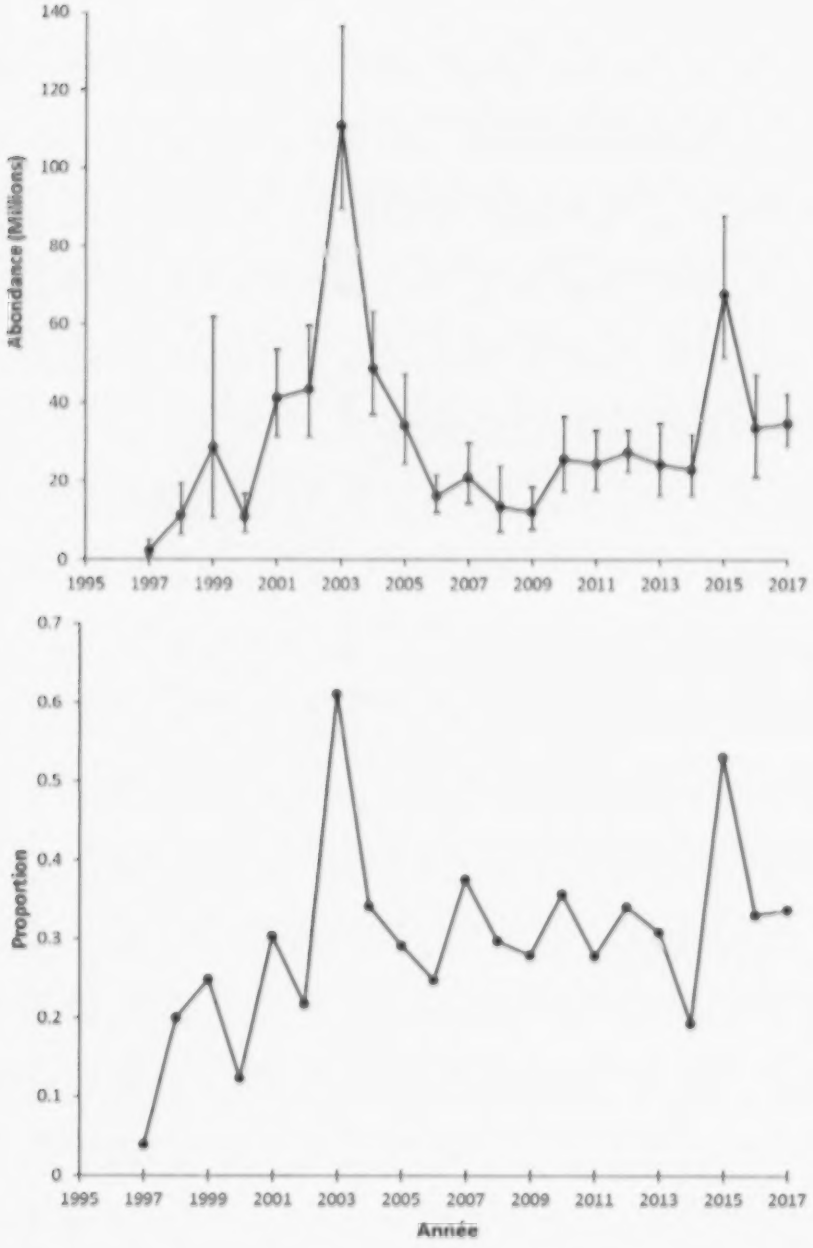

Figure 9. Abondance (en millions) (panneau du haut) et proportion (panneau du bas) de crabes mâles adolescents R-2 sauts de mue dans le sud du golfe du Saint-Laurent estimé à partir du relevé au chalut de 1997 à 2017.

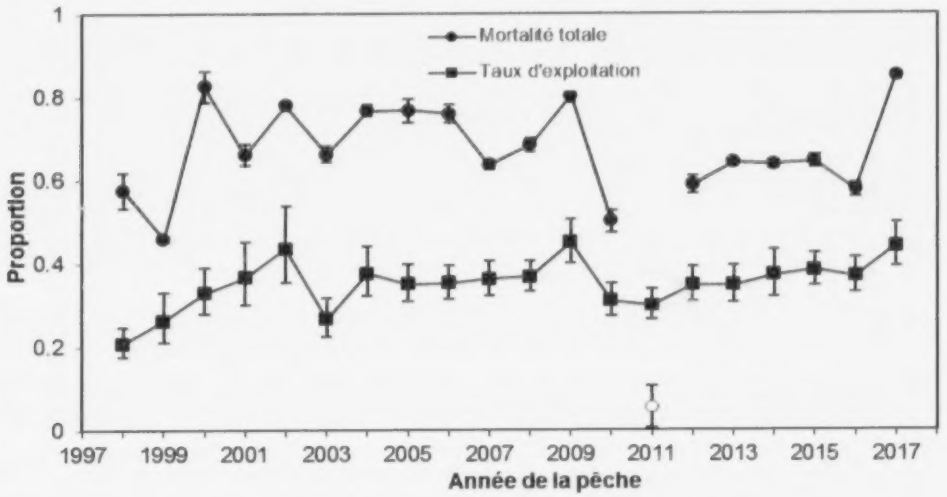

Figure 10. Estimations des taux annuels d'exploitation et de perte totale des crabes des neiges (Chionoecetes opilio) mâles adultes de taille commerciale dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 1997 à 2017. La valeur de la mortalité totale de 2011 est aberrante dans la série (Hébert et al. 2012).

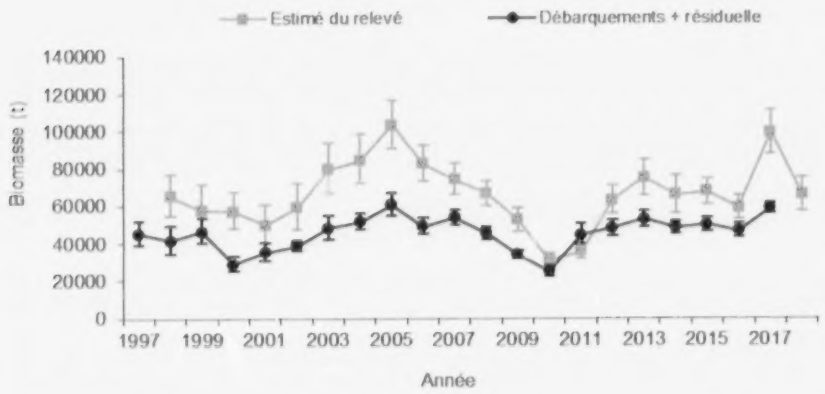

Figure 11. Comparaison de la biomasse calculée après la pêche (sommation de la biomasse résiduelle et les débarquements à l'année t+1) et la biomasse avant la pêche des crabes des neiges (Chionoecetes opilio) mâles adultes de taille commerciale (la sommation du recrutement et la biomasse résiduelle à l'année t) estimées par le relevé au chalut dans le sud du golfe du Saint-Laurent.

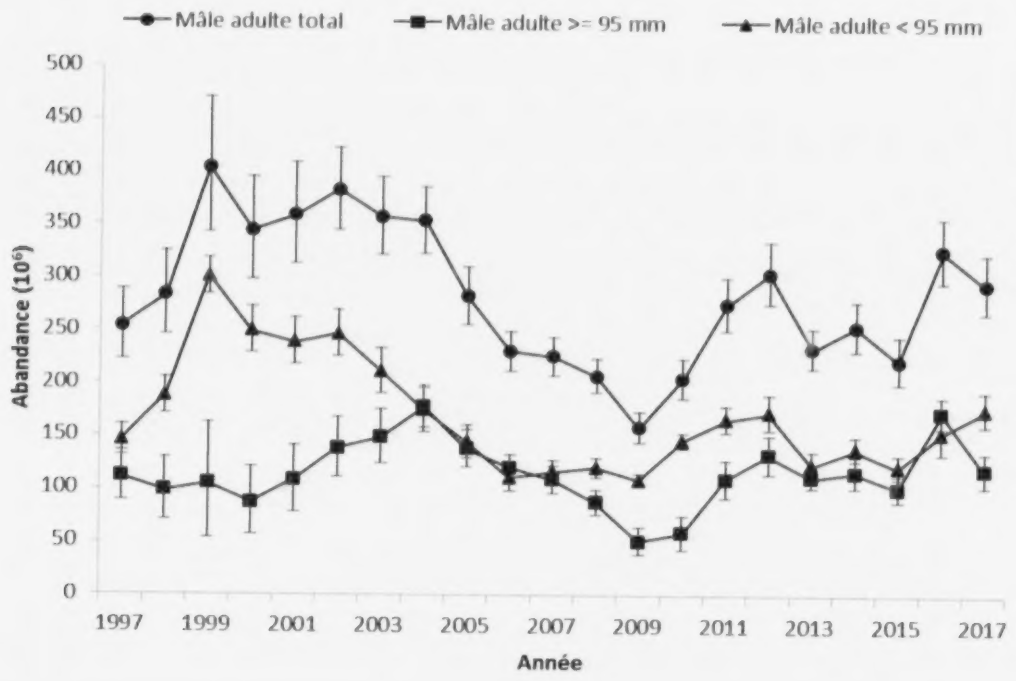

Figure 12. Abondance estimée des crabes des neiges (Chionoecetes opilio) mâles adultes dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 1997 à 2017. LC = Largeur de carapace.

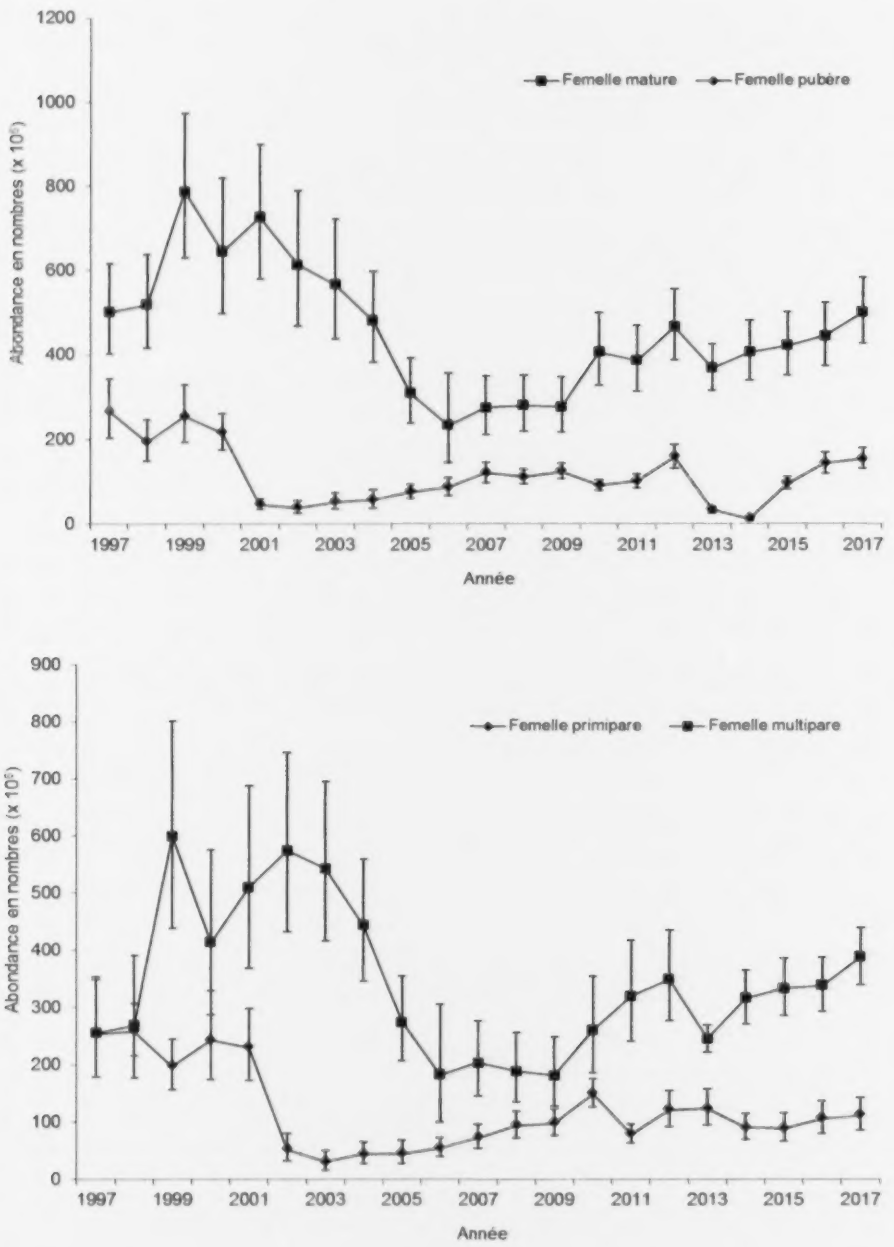

Figure 13. Abondance des femelles pubères et mature (au-dessus), et des femelles primipares et multipares (ci-dessous) du crabe des neiges (Chionoecetes opilio) dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 1997 à 2017.

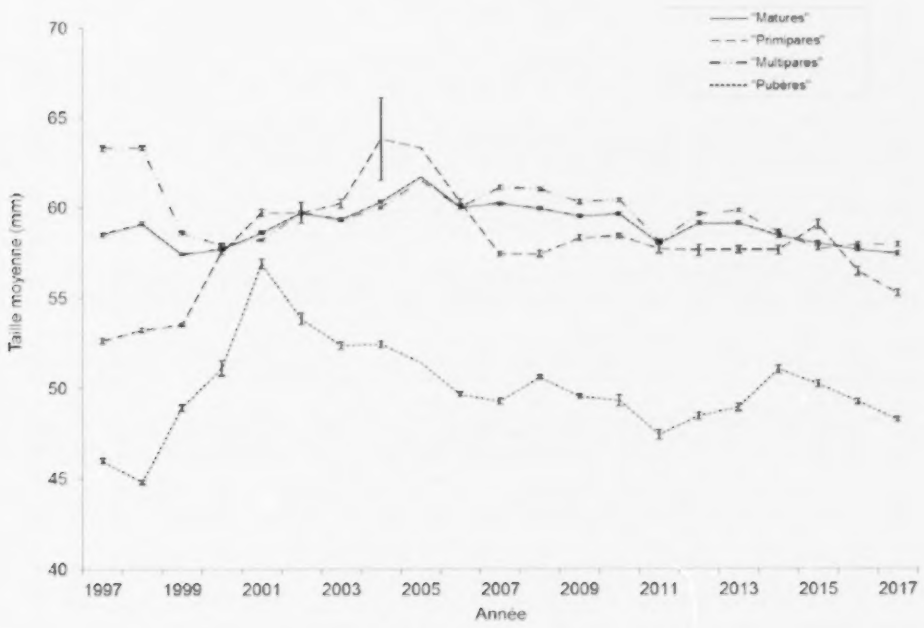

Figure 14. Taille moyenne (largeur de la carapace en mm) avec erreurs-types des femelles matures, primipares, multipares et pubères du crabe des neiges (Chionoecetes opilio) basée sur les échantillons provenant des relevés au chalut, 1997 à 2017.

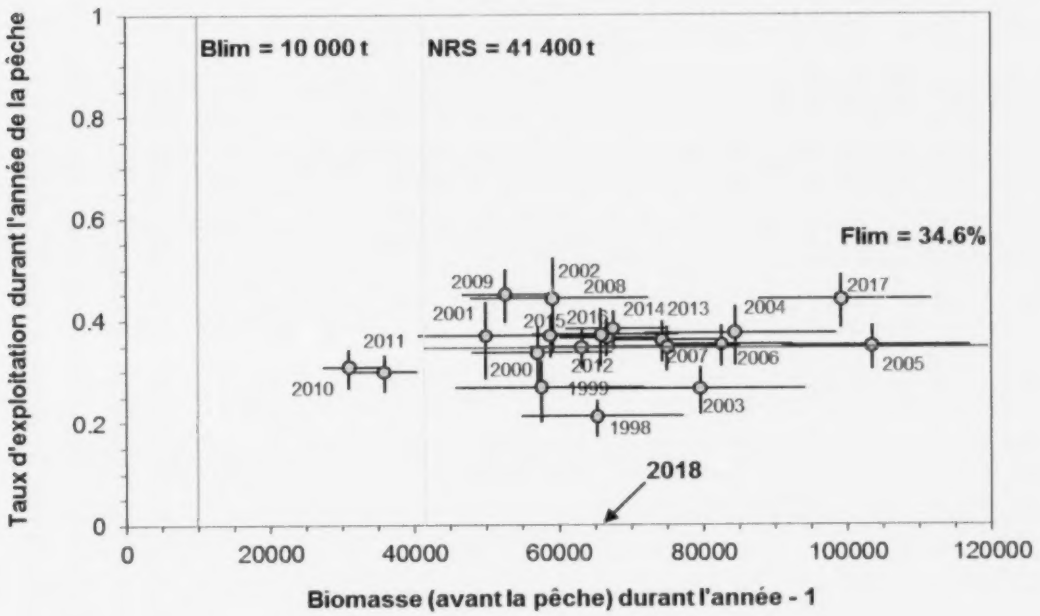

Figure 15. Trajectoire de l'abondance du stock (biomasse des crabes des neiges (Chionoecetes opilio) adultes de taille commerciale estimée d'après les résultats du relevé au chalut effectué à l'automne de l'année t – 1) par rapport au taux d'exploitation pour cette biomasse au cours de l'année t. Les années de pêche sont identifiées sur la figure. B_{lim} = le niveau de référence limite pour la biomasse ; F_{lim} = le niveau de référence pour le taux d'exploitation; NRS = le niveau de référence supérieur du stock.

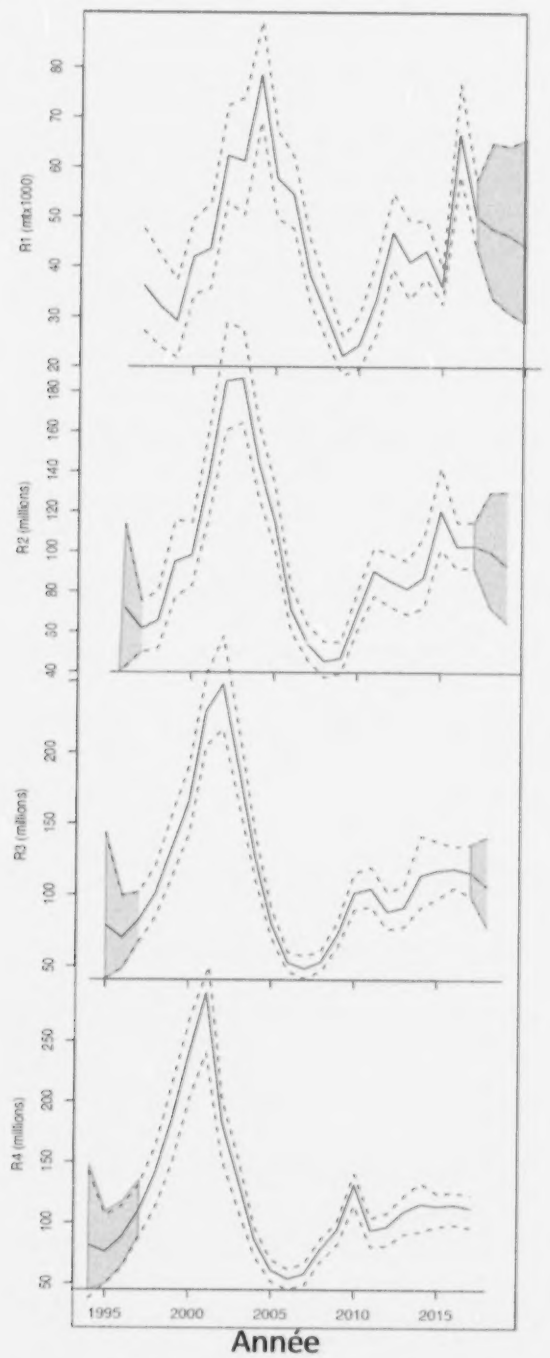

Figure 16. Abondances (nombre en millions ; moyenne avec intervalles de confiance à 95%), de recrutement (R) de crabe des neiges, (Chionoecetes opilio), pour R(j), où j =1,…,4 années avant le recrutement à la pêcherie. Les parties ombragées représentent les projections d'abondance à partir du modèle Bayésien (Wade et al. 2014).

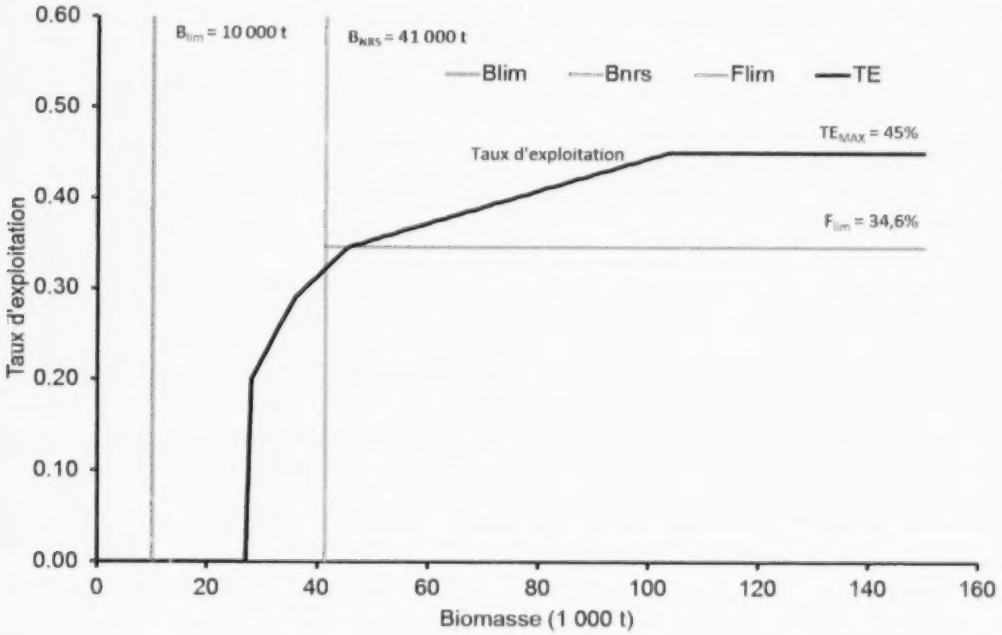

Figure 17. Règle de décision proportionnelle (variante 4) conforme à l'approche de précaution pour la pêche au crabe des neiges (Chionoecetes opilio) dans le sud du golfe du Saint-Laurent. B_{lim} = le niveau de référence limite pour la biomasse ; F_{lim} = le niveau de référence lpour le taux d'exploitation; B_{NRS} = Le point de niveau de référence supérieur du stock. TE = Les taux d'exploitations basés sur la règle de décision proportionnelle (variante 4) (MPO 2014b). TEmax = Le taux maximum d'exploitation basé sur la règle de décision proportionnelle.

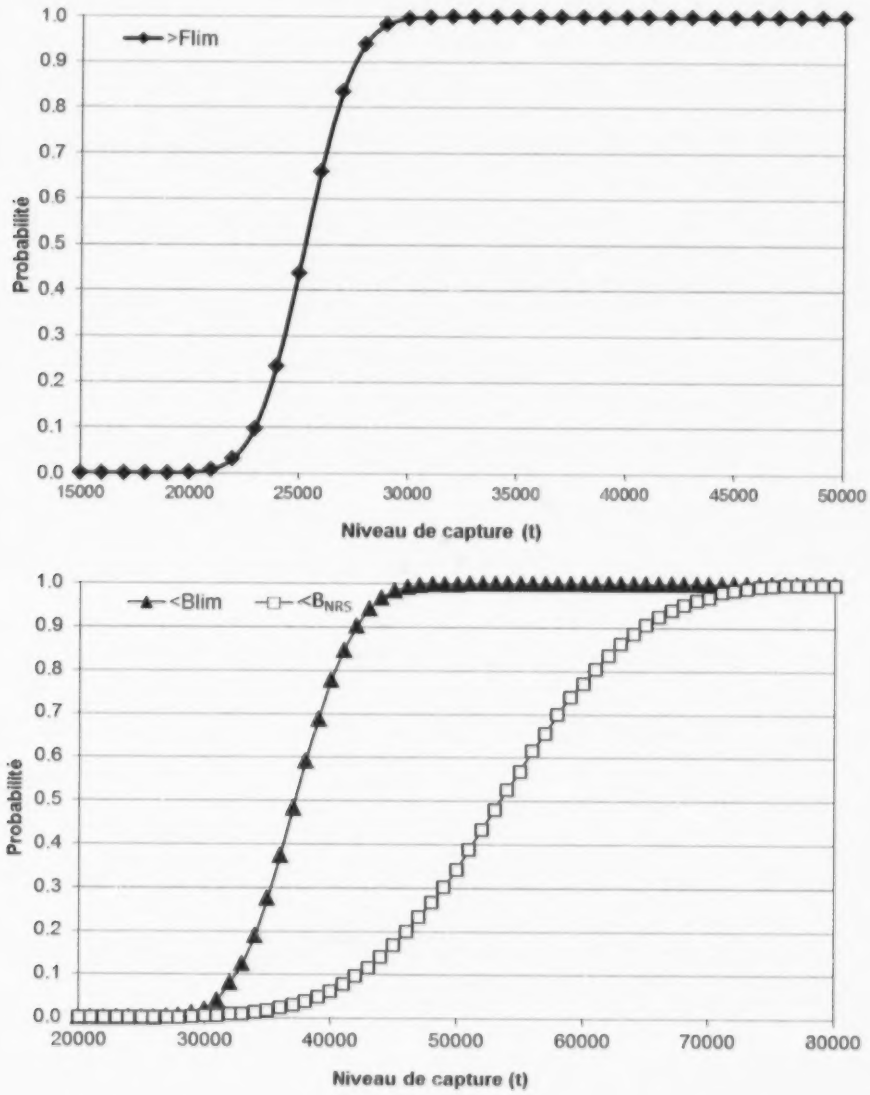

Figure 18. Analyse de risque à partir du polygone pour la pêche du crabe des neiges, Chionoecetes opilio, dans le sud du golfe du Saint-Laurent indiquant les probabilités de dépasser le niveau de référence pour le taux d'exploitation (F_{lim}),que la biomasse résiduelle des mâles adultes de taille commerciale à carapace dure soit sous le niveau de référence limite pour la biomasse (B_{lim}) et que la biomasse des mâles adultes de taille commerciale en 2018 soit sous le point de référence du niveau supérieur du stock (B_{NRS}) après la pêche de 2018 pour divers niveaux de capture en 2018.

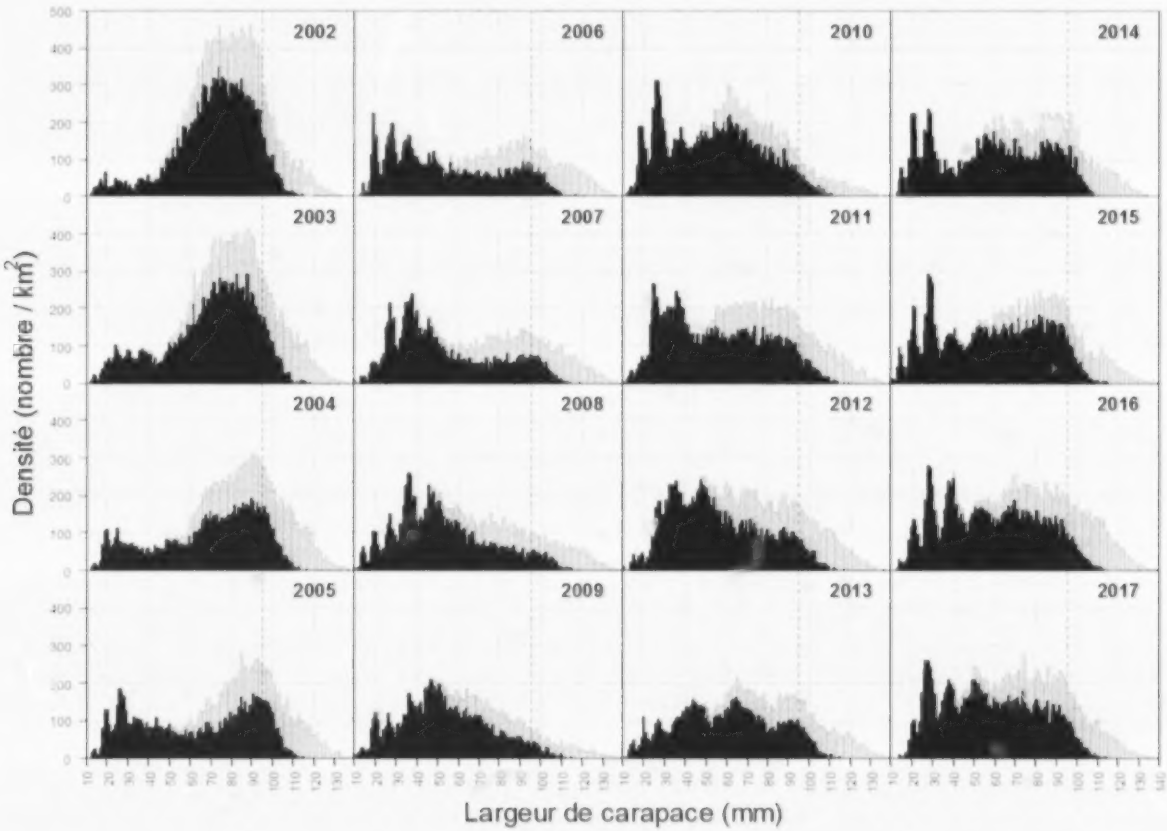

Figure 19. Distributions de fréquences de taille (par intervalle de 1 mm) des crabes des neiges (Chionoecetes opilio) mâles (barres blanches sont les mâles adultes et les barres noirs sont les mâles adolescents) basées sur les échantillons à partir des relevés au chalut effectués après la pêche dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 2002 à 2017. Ces distributions représentent le nombre moyen de crabes mâles par km² basés directement sur les échantillons du relevé au chalut.

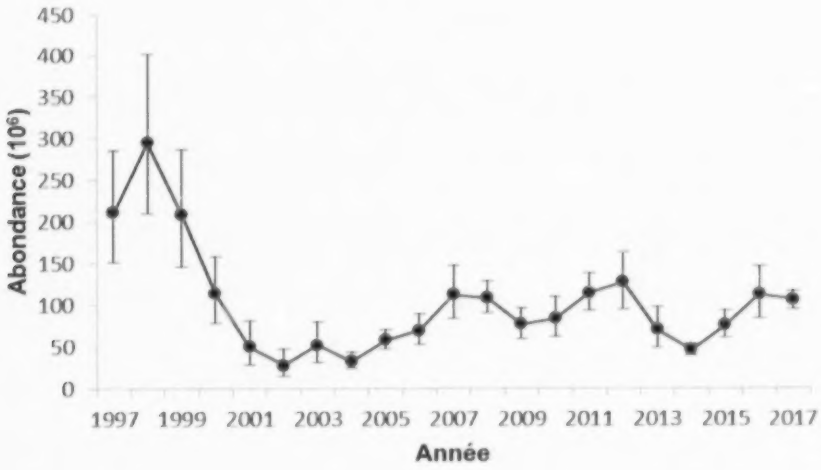

Figure 20. Indices d'abondance des petits crabe des neiges (Chionoecetes opilio) mâles adolescents avec largeur de carapace de 34 à 44 mm estimées à partir des données des relevés au chalut dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 1997 à 2017. Ces crabs vont atteindre la taille commerciale dans environ six ans.

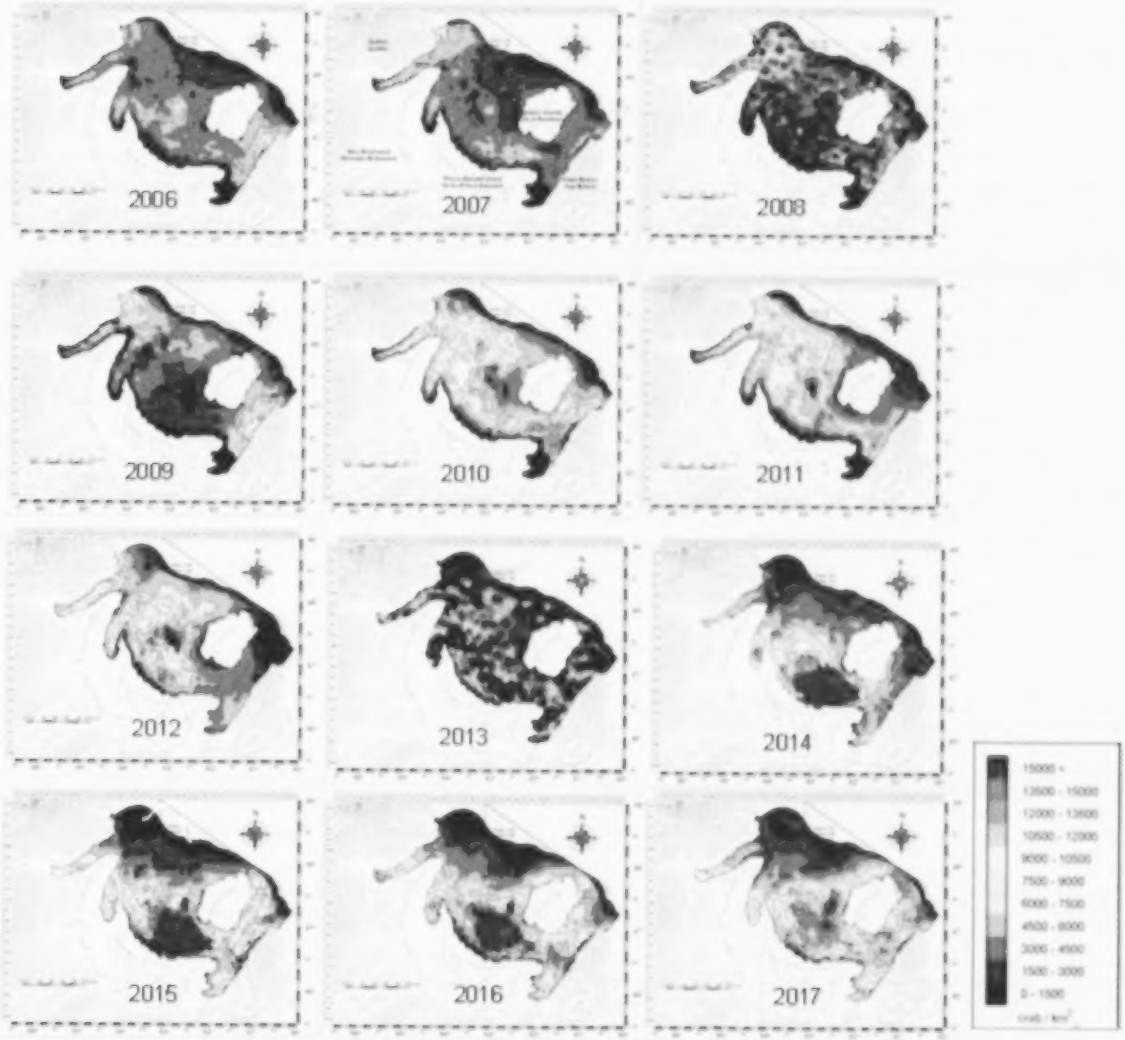

Figure 21. Contours de densités (nombre par km^2) des crabes des neiges, (Chionoecetes opilio), adolescents mâles ≥ 56 mm de largeur de carapace à partir du relevé au chalut effectué dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 2006 à 2017.

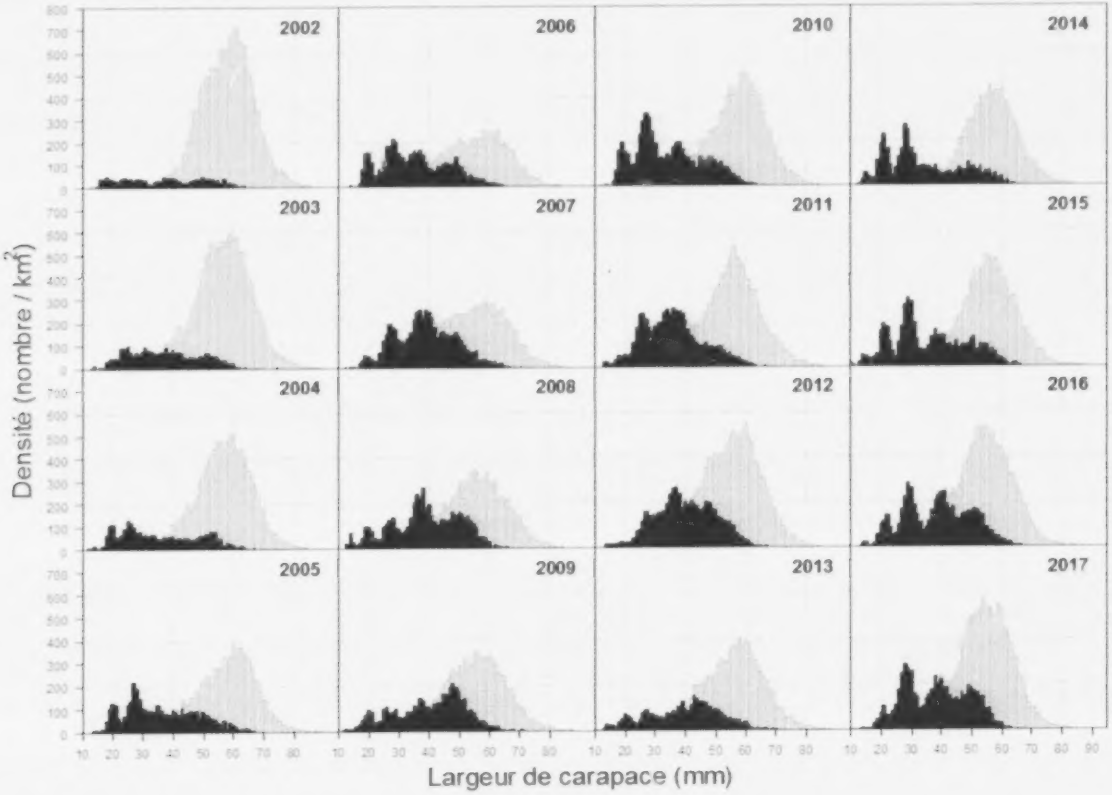

Figure 22. Distributions de fréquence des tailles (largeur de la carapace par intervalle de 1 mm) des femelles (barres blanches sont les femelles matures et les barres noirs sont les femelles pubescentes et immatures) de crabe des neiges (Chionoecetes opilio), basées sur les échantillons à partir des relevés au chalut effectués après la pêche dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 2002 à 2017. Ces distributions représentent le nombre moyen de crabes femelles par km² basés directement sur les échantillons du relevé au chalut.

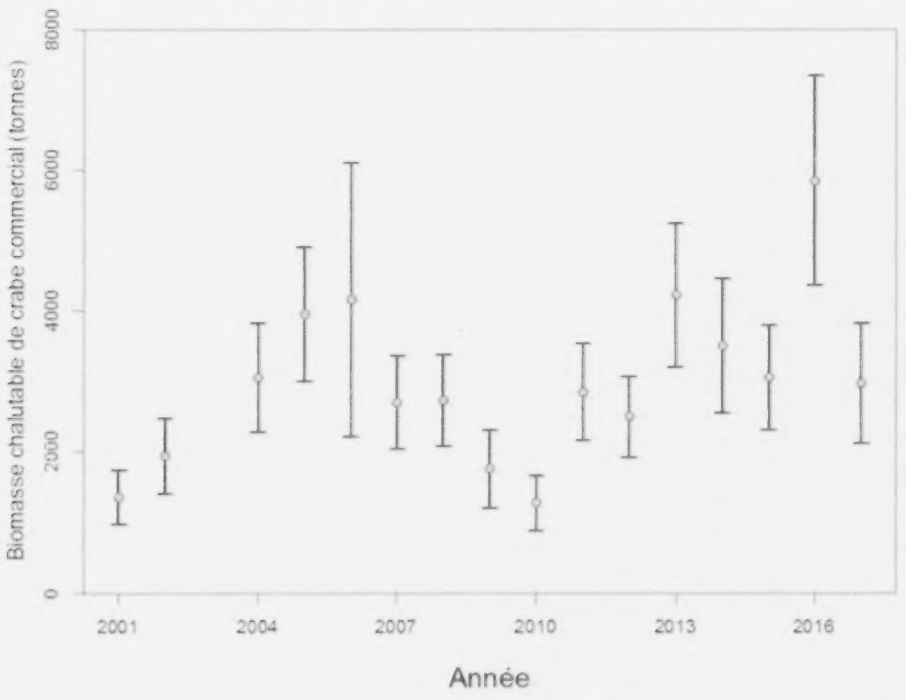

Figure 23. Biomasse chalutable (en tonnes, moyennes avec intervalles de confiance de 95 %) des crabes des neiges mâles adultes ayant une carapace d'au moins 95 mm de largeur dans le relevé multi-espèce au chalut de fond de septembre, entre 2001 et 2017, excluant 2003, en fonction de la surface géographique comparable à celle présentement utilisée pour l'évaluation du crabe des neiges.

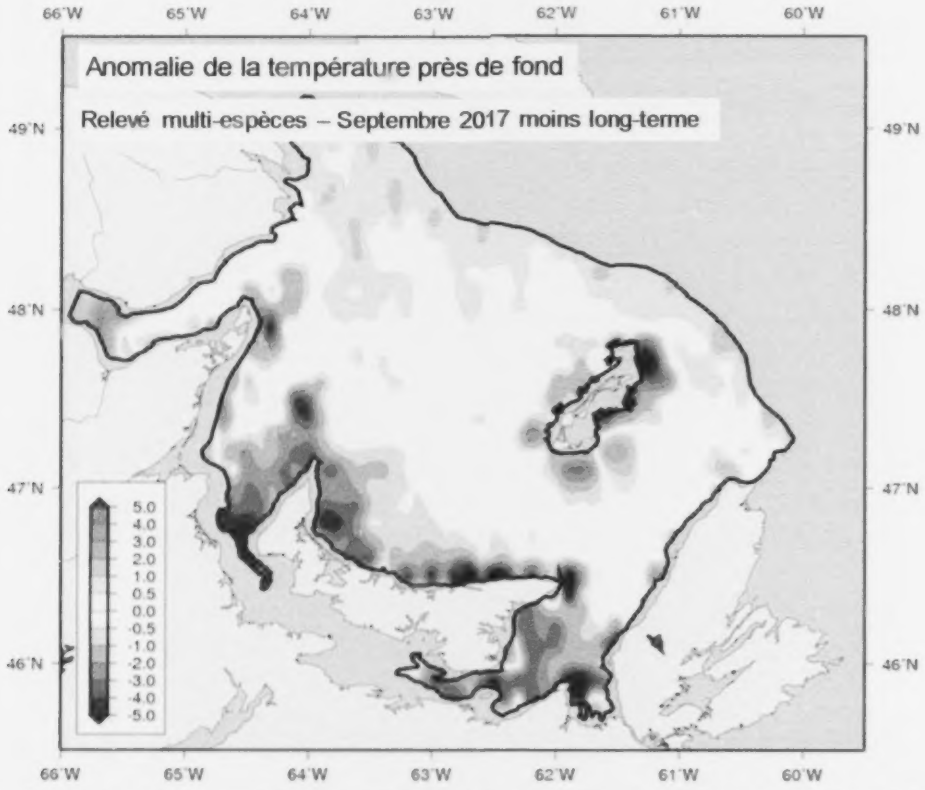

Figure 24. Anomalie de la température près du fond (°C) à partir de la moyenne à long-terme (1981 à 2010) dans le sud du golfe du Saint-Laurent durant le relevé multi-espèce au chalut de fond de septembre de 2017. Les régions en bleu représentent les températures près du fond plus froides que la normale alors que les régions en rouge représentent les conditions plus chaudes que la normale.

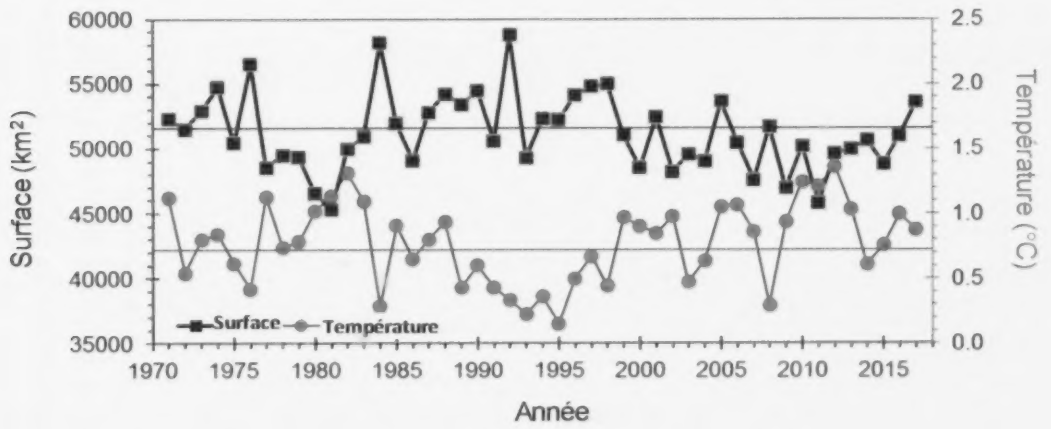

Figure 25. Indice d'habitat de température du crabe des neiges (km^2) qui comprend les températures de l'eau près du fond de -1 et 3°C et la température moyenne (°C) à l'intérieur de cet indice d'habitat dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 1971 à 2017.